

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 2 月 2 4 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 4 7 7 5 7
Application Number:

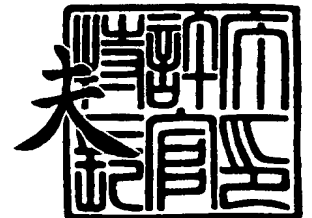
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 4 - 0 4 7 7 5 7]

出 願 人 アルプス電気株式会社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 3 月 1 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 2 1 5 1 0

【書類名】 特許願
【整理番号】 P5380
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G11B 5/39
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内
 【氏名】 西山 義弘
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内
 【氏名】 斎藤 正路
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内
 【氏名】 長谷川 直也
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内
 【氏名】 早川 康男
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内
 【氏名】 梅津 英治
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社内
 【氏名】 井出 洋介
【特許出願人】
 【識別番号】 000010098
 【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100083286
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 三浦 邦夫
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003-114189
 【出願日】 平成15年 4月18日
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003-195159
 【出願日】 平成15年 7月10日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 001971
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0113245

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

所定のシールド間隔をあけて形成した下部シールド層と上部シールド層と、この上下のシールド層の間に位置する、中間に非磁性材料層を有し、該非磁性材料層の上下に固定磁性層とフリー磁性層の一方と他方を有する巨大磁気抵抗効果素子とを備え、この巨大磁気抵抗効果素子の膜面に直交する方向に電流が流れる C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、

前記固定磁性層は、前記非磁性材料層及び前記フリー磁性層よりもハイト方向奥側に延びて形成され、トラック幅方向の寸法よりもハイト方向の寸法が大きいことを特徴とする C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 2】

請求項 1 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、磁歪定数が正の値を有する磁性材料又は保磁力の大きい磁性材料により形成され、記録媒体との対向面側の端面が開放されている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、非磁性中間層を介して第 1 固定磁性層と第 2 固定磁性層を積層した積層フェリ構造をなし、この固定磁性層の一部又は全部が、F e - C o - C u (ただし、F e > 10 原子%、C o > 30 原子%、C u > 5 原子%)、F e - C o - C u - X (ただし、X は P t、P d、M n、S i、A u、A g のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である)、又は C o₂M n Y (ただし、Y は G e、S i、S n、A l のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である) により形成されている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記巨大磁気抵抗効果素子よりもハイト方向奥側に、前記固定磁性層の磁化方向をハイト方向に固定する反強磁性層を備えた C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 5】

請求項 4 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記反強磁性層は、N i - O 又は α -F e₂O₃ により形成された絶縁反強磁性層である C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 6】

請求項 4 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記反強磁性層は、N i - O 又は α -F e₂O₃ により形成された絶縁反強磁性層と、この絶縁反強磁性層と前記固定磁性層の間に介在する金属反強磁性層とである C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれか一項に記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記巨大磁気抵抗効果素子と前記下部シールド層及び前記上部シールド層との間に、前記固定磁性層及び前記フリー磁性層の一方と他方に直接接触し、該固定磁性層及びフリー磁性層よりも大面積で形成された大面積非磁性金属膜を備えた C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 8】

請求項 7 記載の C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記巨大磁気抵抗効果素子と前記下部シールド層の間に介在する大面積非磁性金属膜は、T a / C u、T a / R u / C u、T a / C r、T a / N i - C r、T a / (N i - F e) - C r 又は C r のいずれかにより形成され、さらに組成中に C r を含む場合は C r 含有量が 20 原子%を超えている C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 9】

所定のシールド間隔をあけて形成した下部シールド層と上部シールド層と、この上下のシールド層の間に位置する、中間に非磁性材料層を有し、該非磁性材料層の上下に固定磁性層とフリー磁性層の一方と他方を有する巨大磁気抵抗効果素子とを備え、この巨大磁気抵

抗効果素子の膜面に直交する方向に電流が流れる CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、

前記固定磁性層は、磁歪定数が正の値を有する磁性材料又は保持力の大きい磁性材料により形成され、記録媒体との対向面側の端面が開放されていることを特徴とする CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 10】

請求項記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、トラック幅方向の寸法よりもハイト方向の寸法が大きい CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 11】

請求項 9 又は 10 記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記固定磁性層は、非磁性中間層を介して第 1 固定磁性層と第 2 固定磁性層を積層した積層フェリ構造をなし、この固定磁性層の一部又は全部が、 $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Cu}$ （ただし、 $\text{Fe} > 10$ 原子%、 $\text{Co} > 30$ 原子%、 $\text{Cu} > 5$ 原子%）、 $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Cu}-\text{X}$ （ただし、 X は Pt 、 Pd 、 Mn 、 Si 、 Au 、 Ag のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）、又は Co_2MnY （ただし、 Y は Ge 、 Si 、 Sn 、 Al のいずれか 1 種又は 2 種以上の元素である）により形成されている CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 12】

請求項 9 ないし 11 のいずれか一項に記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記巨大磁気抵抗効果素子よりもハイト方向奥側に、前記固定磁性層の磁化方向をハイト方向に固定する反強磁性層を備えた CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 13】

請求項 12 記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記反強磁性層は、 $\text{Ni}-\text{O}$ 又は $\alpha-\text{Fe}_2\text{O}_3$ により形成された絶縁反強磁性層である CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 14】

請求項 12 記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記反強磁性層は、 $\text{Ni}-\text{O}$ 又は $\alpha-\text{Fe}_2\text{O}_3$ により形成された絶縁反強磁性層と、この絶縁反強磁性層と前記固定磁性層の間に介在する金属反強磁性層とである CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 15】

請求項 9 ないし 14 のいずれか一項に記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記巨大磁気抵抗効果素子と前記下部シールド層及び前記上部シールド層との間に、前記固定磁性層及び前記フリー磁性層の一方と他方に直接接触し、該固定磁性層及びフリー磁性層よりも大面積で形成された大面積非磁性金属膜を備えた CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 16】

請求項 15 記載の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、前記巨大磁気抵抗効果素子と前記下部シールド層の間に介在する大面積非磁性金属膜は、 Ta/Cu 、 $\text{Ta}/\text{Ru}/\text{Cu}$ 、 Ta/Cr 、 $\text{Ta}/\text{Ni}-\text{Cr}$ 、 $\text{Ta}/(\text{Ni}-\text{Fe})-\text{Cr}$ 又は Cr のいずれかにより形成され、さらに組成中に Cr を含む場合は Cr 含有量が 20 原子%を超えている CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッド

【技術分野】

【0001】

本発明は、膜厚方向（膜面に直交する方向）にセンス電流が流れる C P P 型巨大磁気抵抗効果ヘッドに関する。

【背景技術】

【0002】

ハードディスク装置や磁気センサなどに用いられる巨大磁気抵抗効果（GMR）素子は、素子を構成する各層の膜面に対して平行な方向にセンス電流が流れる C I P（Current In the Plane）型と、素子を構成する各層の膜面に対して垂直な方向にセンス電流が流れる C P P（Current Perpendicular to the Plane）型とに大別することができる。

【0003】

図 21 は、従来の C P P - GMR 素子を用いた C P P - GMR ヘッドの構造を示す縦断面図である。C P P - GMR ヘッド 100 は、図示 X 方向に長く延びて形成された下部シールド層 110、下部シールド層 110 の図示 X 方向の中央部に形成された下部非磁性金属膜 120、この下部非磁性金属膜 120 上に積層形成されたフリー磁性層 131、非磁性金属材料層 132、固定磁性層 133、反強磁性層 134 及び上部非磁性金属膜 140、この上部非磁性金属膜 140 の上に図示 X 方向に長く延びて形成された上部シールド層 150、フリー磁性層 131 の一部及び非磁性材料層 132 の両側部に接して形成されたハードバイアス層 163、及びハードバイアス層 163 と下部シールド層 110 及び上部シールド層 150 との間を埋める絶縁膜 161、164 を有している。なお、ハードバイアス層 163 と絶縁層 161 の間にはバイアス下地層 162 が備えられている。

【0004】

【特許文献 1】 特開 2000-123325 号公報

【特許文献 2】 特開 2001-266313 号公報

【特許文献 3】 特開 2001-307307 号公報

【特許文献 4】 特開 2002-232040 号公報

【特許文献 5】 特開 2002-305338 号公報

【特許文献 6】 特開 2002-319112 号公報

【特許文献 7】 米国特許第 6023395 号

【特許文献 8】 米国特許第 6052263 号

【特許文献 9】 米国特許第 6259586 B1 号

【特許文献 10】 米国特許第 6330136 B1 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記構成の C P P - GMR ヘッドでは、下部シールド層 110 及び上部シールド層 150 が電極膜を兼ねており、下部シールド層 110 及び上部シールド層 150 にも電流が流れる。この下部シールド層 110 及び上部シールド層 150 は、周知のように、例えば N i F e のような軟磁性材料によって形成されている。よって、下部シールド層 110 及び上部シールド層 150 にセンス電流が流れると、AMR（異方性磁気抵抗）効果が生じ、下部シールド層 110 及び上部シールド層 150 の抵抗値が増減する。この抵抗変化は、ヘッドの出力に対してノイズとなってしまう。

【0006】

特に、電流密度の高い範囲では AMR 効果によるノイズが大きくなってしまい、問題となっている。例えば図示例では、センス電流の出入口となる範囲（下部シールド層 110 と下部非磁性金属膜 120 が接触している範囲、及び上部シールド層 150 と上部非磁性金属膜 140 が接触している範囲）で電流密度が高くなっている。

【0007】

上記AMR効果によるノイズを低減させるには、AMR効果の小さいシールド材料を用いて下部シールド層110及び上部シールド層150を形成することが考えられるが、AMR効果の小さいシールド材料では、十分な磁気シールド効果が得られない。

【0008】

上記構成のCPP-GMRヘッドでは、例えばPt-Mnにより形成される反強磁性層134にもセンス電流が流れる。反強磁性層134は、比抵抗が約 $200\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 程度であり、非磁性金属膜120、140やフリー磁性層131、固定磁性層133に比して非常に大きい。また反強磁性層134は、反強磁性特性を保持するために厚く形成する必要がある、例えば上下のシールド層間隔が 600\AA 程度であるとき、反強磁性層134の膜厚は 200\AA 程度とされる。このように比抵抗の大きい反強磁性層134が厚く設けられていると、反強磁性層134の抵抗が大きく、センス電流が流れることによって反強磁性層134が発熱する。この発熱（ジュール熱）により、ヘッド全体の温度が高くなるため、ヘッドの信頼性や高周波特性を悪化させている。また反強磁性層134が厚いと、上下のシールド間隔を狭くすることが難しく、高記録密度化に不利になっている。

【0009】

また上記構成のCPP-GMRヘッドでは、下部シールド層110及び上部シールド層150が電極膜を兼ねており、下部シールド層110及び上部シールド層150にも電流が流れる。この下部シールド層110及び上部シールド層150は、周知のように、例えばNiFeのような軟磁性材料によって形成されている。よって、下部シールド層110及び上部シールド層150にセンス電流が流れると、AMR（異方性磁気抵抗）効果が生じ、下部シールド層110及び上部シールド層150の抵抗値が増減する。この抵抗変化は、ヘッドの出力に対してノイズとなってしまう。特に、電流密度の高い範囲ではAMR効果によるノイズが大きくなってしまい、問題となっている。例えば図示例では、センス電流の出入口となる範囲（下部シールド層110と下部非磁性金属膜120が接触している範囲、及び上部シールド層150と上部非磁性金属膜140が接触している範囲）で電流密度が高くなっている。

【0010】

なお、CIP-GMRヘッドでは、センス電流が反強磁性層には1割程度しか流れず、シールド層には全く流れないため、上述のような問題は生じていない。

【0011】

本発明は、巨大磁気抵抗効果素子内に反強磁性層を備えずに固定磁性層の磁化方向を安定させることができるとともに、狭再生シールド間隔化も実現でき、さらに、シールド層のAMR効果によるノイズとジュール熱を低減可能なCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドを得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、反強磁性層を用いずに固定磁性層の磁化方向を安定化させれば、ヘッド動作時に発生するジュール熱が大幅に低減し、また、非磁性金属膜も厚く形成できて素子抵抗をさらに低下させることができることに着目したものである。

【0013】

すなわち、本発明の第1の態様は、所定のシールド間隔をあけて形成した下部シールド層と上部シールド層と、この上下のシールド層の間に位置する、中間に非磁性材料層を有し、該非磁性材料層の上下に固定磁性層とフリー磁性層の一方と他方を有する巨大磁気抵抗効果素子とを備え、この巨大磁気抵抗効果素子の膜面に直交する方向に電流が流れるCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、固定磁性層は、非磁性材料層及びフリー磁性層よりもハイト方向奥側に延びて形成され、トラック幅方向の寸法よりもハイト方向の寸法が大きいことを特徴としている。

【0014】

上記態様によれば、固定磁性層にはハイト方向に平行な方向に形状異方性が生じることから、固定磁性層の磁化方向を固定する反強磁性層を備えなくても、固定磁性層の磁化方

向をハイト方向と平行な一軸方向に安定化させることができる。

【0015】

固定磁性層は、磁歪定数が正の値を有する磁性材料又は保磁力の大きい磁性材料により形成され、記録媒体との対向面側の端面が開放されていることが好ましい。この場合、固定磁性層に対して二次元的に且つ等方的に加わっていた応力の対称性が崩れることから、固定磁性層にはハイト方向に平行な方向に一軸性の引張り応力が加えられる。この逆磁歪効果により、固定磁性層の磁化はハイト方向に平行な一軸方向でさらに安定する。

【0016】

本発明の第2の態様は、所定のシールド間隔をあけて形成した下部シールド層と上部シールド層と、この上下のシールド層の間に位置する、中間に非磁性材料層を有し、該非磁性材料層の上下に固定磁性層とフリー磁性層の一方と他方を有する巨大磁気抵抗効果素子とを備え、この巨大磁気抵抗効果素子の膜面に直交する方向に電流が流れるC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、固定磁性層は、磁歪定数が正の値を有する磁性材料又は保持力の大きい磁性材料により形成され、記録媒体との対向面側の端面が開放されていることを特徴としている。

【0017】

上記態様によれば、固定磁性層の一端面を開放させたので、固定磁性層に対して二次元的に且つ等方的に加わっていた応力の対称性が崩れ、固定磁性層にハイト方向に平行な方向に一軸性の引張り応力が加えられる。この逆磁歪効果により、固定磁性層の磁化方向を固定するための反強磁性層を備えていなくても、固定磁性層の磁化はハイト方向に平行な一軸方向で安定する。

【0018】

固定磁性層は、トラック幅方向の寸法よりもハイト方向の寸法が大きいことが好ましい。この態様によれば、形状異方性により固定磁性層の磁化はハイト方向に平行な一軸方向でより安定する。

【0019】

上記各態様のC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、固定磁性層は、非磁性中間層を介して第1固定磁性層と第2固定磁性層を積層した積層フェリ構造をなしていることが实际的である。この固定磁性層の一部又は全部は、 $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Cu}$ （ただし、 $\text{Fe} > 10$ 原子%、 $\text{Co} > 30$ 原子%、 $\text{Cu} > 5$ 原子%）、 $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Cu}-\text{X}$ （ただし、 X は Pt 、 Pd 、 Mn 、 Si 、 Au 、 Ag のいずれか1種又は2種以上の元素である）、又は Co_2MnY （ただし、 Y は Ge 、 Si 、 Sn 、 Al のいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成することができる。

【0020】

巨大磁気抵抗効果素子よりもハイト方向奥側であれば、固定磁性層の磁化方向をハイト方向に固定する反強磁性層を備えてもよい。反強磁性層が巨大磁気抵抗効果素子外に配置されていれば、巨大磁気抵抗効果素子にセンス電流を流しても反強磁性層は発熱せず、発生するジュール熱を増大させることがない。また、反強磁性層が備えられていても、上下のシールド層間隔を増長させる必要がない。この反強磁性層を備えれば、該反強磁性層と固定磁性層との界面に生じる交換結合磁界によって、固定磁性層の磁化を強固に固定することができる。反強磁性層は、センス電流ロスを防ぐため、例えば $\text{Ni}-\text{O}$ 又は $\alpha-\text{Fe}_2\text{O}_3$ により形成された絶縁反強磁性層であることが好ましい。あるいは、例えば $\text{Ni}-\text{O}$ 又は $\alpha-\text{Fe}_2\text{O}_3$ により形成された絶縁反強磁性層と、この絶縁反強磁性層と前記固定磁性層の間に介在する金属反強磁性層とであることが好ましい。

【0021】

巨大磁気抵抗効果素子と下部シールド層及び上部シールド層との間には、固定磁性層及びフリー磁性層の一方と他方に直接接触し、該固定磁性層及びフリー磁性層よりも大面積で形成された大面積非磁性金属膜を備えることが好ましい。この大面積非磁性金属膜が存在することにより、下部シールド層及び上部シールド層におけるセンス電流の集中が緩和され、下部シールド層及び上部シールド層のAMR効果によるノイズを低減することがで

きる。

【0022】

巨大磁気抵抗効果素子と前記下部シールド層の間に介在する大面積非磁性金属膜は、Ta/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr又はCrのいずれかにより形成され、さらに組成中にCrを含む場合はCr含有量が20原子%を超えていることが好ましい。この組成で形成された大面積非磁性金属膜は、巨大磁気抵抗効果素子を規則的に形成するためのシード層として機能する。この大面積非磁性金属膜上に積層形成される固定磁性層の磁化は、該大面積非磁性金属膜のシード効果によっても安定する。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、形状異方性又は（及び）逆磁歪効果により固定磁性層の磁化方向がハイト方向に安定するので、固定磁性層の磁化方向を固定するための反強磁性層を備えずに済む。これにより、狭再生シールド間隔化も実現でき、さらに、ヘッド動作時にシールド層のAMR効果によるノイズとジュール熱を低減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、図面に基づいて本発明を説明する。各図において、X方向はトラック幅方向、Y方向は記録媒体からの漏れ磁界方向、Z方向は記録媒体の移動方向及び巨大磁気抵抗効果素子を構成する各層の積層方向である。

【0025】

図1～図7は、本発明の第1実施形態によるCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド（CPP-GMRヘッド）の第1実施形態を示している。図1はCPP-GMRヘッド1の構造を素子中央で切断して示す部分断面図、図2はCPP-GMRヘッド1の構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、図3はGMR素子30を上から見て示す模式平面図である。

【0026】

CPP-GMRヘッド1は、図示Z方向に所定のシールド間隔R-GLをあけて形成された下部シールド層10と上部シールド層50の間に、下部大面積非磁性金属膜20、巨大磁気抵抗効果を発揮するGMR素子30及び上部大面積非磁性金属膜40を有している。

【0027】

下部シールド層10及び上部シールド層50は、磁気シールドと電極としての機能を有し、図1及び図2に示すように、GMR素子30よりも十分に広い面積で形成されている。この下部シールド層10及び上部シールド層50は、十分な磁気シールド効果が得られる軟磁性材料、例えばNiFeにより、約1 μ m程度の膜厚で形成されている。

【0028】

下部大面積非磁性金属膜20は、下部シールド層10の直上に形成されたギャップ層であり、電極として及びGMR素子30を規則的に形成するためのシード層としても機能する。上部大面積非磁性金属膜40は、上部シールド層50の直下に位置するギャップ層であり、上部シールド層50と共に電極としても機能する。

【0029】

下部大面積非磁性金属膜20及び上部大面積非磁性金属膜40は、GMR素子30の上面（フリー磁性層33）と下面（第1固定磁性層31a）に直接接しており、図1及び図2に示すようにGMR素子30よりも十分広く、下部シールド層10及び上部シールド層50とほぼ同じ面積を有している。

【0030】

この下部大面積非磁性金属膜20及び上部大面積非磁性金属膜40は、下部シールド層10及び上部シールド層50よりも比抵抗が小さい非磁性金属材料で形成されている。具体的には、例えばAu、Ag、Cu、Ru、Rh、Ir、Pd、Ni-Cr、(Ni-F

e) -Cr、Crのいずれか1種又は2種以上の元素により形成されることが好ましく、形成材料中にCrが含まれる場合はCr含有量が20原子%を超えているとよい。これら大面積非磁性金属膜20、40は、単層膜であっても積層膜であってもよい。下部大面積非磁性金属膜20は、GMR素子30のシード層としても機能させるため、例えばTa/Cu、Ta/Ru/Cu、Ta/Cr、Ta/Ni-Cr、Ta/(Ni-Fe)-Cr又はCrのいずれかによって形成されていることが好ましい。本実施形態では、Ta/Crによる2層構造で下部大面積非磁性金属膜20が形成されている。

【0031】

上記下部大面積非磁性金属膜20及び上部大面積非磁性金属膜40は、シールド間隔R-GLの(1/4)以上となる膜厚で形成される。例えば、シールド間隔R-GLが480~800Åであるとき、大面積非磁性金属膜20、40の膜厚 t_{20} 、 t_{40} は60~300Åであることが好ましい。この範囲内であれば、大面積非磁性金属膜20、40の比抵抗を、シールド層10、50の構成材料であるNiFeの1/5~1/10程度まで低減することができる。すなわち、大面積非磁性金属膜20、40の膜厚が60~300Åであるときのシート抵抗は、NiFe膜が300~3000Åの膜厚で形成されている場合のシート抵抗に相当する。よって、センス電流は大面積非磁性金属膜20、40を流れやすく、大面積非磁性金属膜20、40とシールド層10、50との境界面でセンス電流の集中を緩和することができる。これにより、下部シールド層10及び上部シールド層50のAMR効果による抵抗変化は小さく抑えられる。なお、下部大面積非磁性金属膜20の膜厚 t_{20} と上部大面積非磁性金属膜40の膜厚 t_{40} は、同一であっても異なってもよい。

【0032】

GMR素子30は、図2に示されるようにトラック幅方向(図示X方向)においてシールド層10、50及び大面積非磁性金属膜20、40のほぼ中央部に位置し、上下面が大面積非磁性金属膜20、40によって挟まれている。このGMR素子30は、大面積非磁性金属膜20、40がシールド間隔R-GLの(1/4)以上の膜厚で形成されているため、シールド間隔R-GLの(3/4)以下となる膜厚で形成されている。GMR素子30は、下部大面積非磁性金属膜20側から順に固定磁性層31、非磁性材料層32及びフリー磁性層33を有しているが、固定磁性層31の磁化方向を固定するための反強磁性層は備えていない。図1及び図2に示す記録媒体との対向面(ABS面)には、下部大面積非磁性金属膜20、固定磁性層31、非磁性材料層32、フリー磁性層33及び上部大面積非磁性金属膜40が露出している。なお、GMR素子30は、図示例とは上下を逆にして、下からフリー磁性層、非磁性材料層及び固定磁性層の順番で積層形成されていてもよい。

【0033】

本実施形態の固定磁性層31は、磁性材料により形成された第1固定磁性層31a及び第2固定磁性層31cと、これらの間に位置させて非磁性材料により形成された非磁性中間層31bとからなる積層フェリ構造で形成されている。第1固定磁性層31a、非磁性中間層31b及び第2固定磁性層31cの一部は、図2及び図3に示されるように、非磁性材料層32及びフリー磁性層33よりもハイト方向奥側に長く延びて形成され、その高さ寸法 h_2 はトラック幅寸法 T_w よりも大きい。このように固定磁性層31がトラック幅方向よりもハイト方向に長く延びて形成されていると、第1固定磁性層31a及び第2固定磁性層31cにはハイト方向に平行な方向に形状異方性がそれぞれ生じる。この形状異方性により、第1固定磁性層31a及び第2固定磁性層31cの磁化方向は、ハイト方向に平行な一軸方向で安定する。本実施形態では、センス電流磁界の向きと第1固定磁性層31a及び第2固定磁性層31cの合成磁気モーメントの向きとが略一致するように、第1固定磁性層31aの磁化方向をハイト方向とする。第1固定磁性層31aと第2固定磁性層31cは、非磁性中間層31bを介したRKKY的相互作用により、互いに磁化が反平行状態となっている。よって、第2固定磁性層31cの磁化方向はハイト方向と反平行方向になる。また本実施形態では、第1固定磁性層31aの単位面積あたりの磁気モーメント

ント（飽和磁化 $M_s \times$ 膜厚 t ）を第2固定磁性層31cの単位面積あたりの磁気モーメントよりも大きくしてあるので、固定磁性層31の全体としての磁化方向は第1固定磁性層31aの磁化方向に等しくなる。図1では、第1固定磁性層31aの磁化方向を太い矢印で、第2固定磁性層31cの磁化方向を細い矢印で示してある。

【0034】

また固定磁性層31は、磁歪定数が正の値をとる磁性材料により各層が形成されていて、図1に示すように記録媒体との対向面側の端面（ABS面）が開放されている。このため、固定磁性層31に対して二次元的且つ等方的に加わっていた応力の対称性が崩れ、固定磁性層31には、ハイト方向に平行な方向に一軸性の引張り応力が加えられる。この逆磁歪効果によっても、第1固定磁性層31a及び第2固定磁性層31cの磁化方向はハイト方向に平行な一軸方向で安定化されている。

【0035】

第1固定磁性層31a及び第2固定磁性層31cは、その一部又は全部が、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又は Co_2MnY （ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されている。この第1固定磁性層31a及び第2固定磁性層31cの膜厚は、例えば10～70Å程度である。非磁性中間層31bは、第1固定磁性層31aと第2固定磁性層31cの間にRKKY的相互作用がはたらく材質及び膜厚で形成される。本実施形態の非磁性中間層31bは、例えばRuにより3～10Å程度の膜厚で形成されている。なお、固定磁性層31は、積層フェリ構造ではなく、磁性膜による単層構造または積層構造であってもよい。

【0036】

非磁性材料層32は、電気抵抗の低い導電材料によって形成されることが好ましく、本実施形態では例えばCuにより形成されている。この非磁性材料層32は、例えば25Å程度の膜厚で形成される。フリー磁性層33は、その一部又は全部が、Fe-Co-Cu（ただし、Fe>10原子%、Co>30原子%、Cu>5原子%）、Fe-Co-Cu-X（ただし、XはPt、Pd、Mn、Si、Au、Agのいずれか1種又は2種以上の元素である）、又は Co_2MnY （ただし、YはGe、Si、Sn、Alのいずれか1種又は2種以上の元素である）により形成されている。フリー磁性層33の膜厚は、例えば100Å程度である。このフリー磁性層33は、磁性膜による単層構造をなしているが、磁性膜による積層構造とすることも積層フェリ構造とすることも可能である。フリー磁性層33及び非磁性材料層32の両側部には、トラック幅方向に磁化されているハードバイアス層63が接している。このハードバイアス層63とGMR素子30との間には、第1絶縁層61又は第2絶縁層64が数Å～数十Å程度介在していてもよい。フリー磁性層33の磁化は、ハードバイアス層63の縦バイアス磁界によって、トラック幅方向（図示X方向）に揃えられている。図2の矢印方向は、ハードバイアス層63の縦バイアス磁界方向である。

【0037】

大面積非磁性金属膜20、40の間には、GMR素子30のトラック幅方向の両側部に位置させて、下から順に第1絶縁層61、バイアス下地層62、上述のハードバイアス層63、第2絶縁層64が積層形成されている。

【0038】

第1絶縁層61及び第2絶縁層64は、例えば Al_2O_3 や SiO_2 などの絶縁材料で形成され、ハードバイアス層63（及びハードバイアス下地層62）と大面積非磁性金属膜20、40の間を埋めている。すなわち、第1絶縁層61は、フリー磁性層33の両側部の一部に接する膜厚で、下部大面積非磁性金属膜20の上に形成されている。第2絶縁層64は、固定磁性層31の両側部に接する膜厚で、ハードバイアス層63の上に形成されている。

【0039】

バイアス下地層 62 は、ハードバイアス層 63 の特性（保磁力 H_c 、角形比 S ）を向上させ、ハードバイアス層 63 から発生するバイアス磁界を増大させるために設けられている。バイアス下地層 62 は、体心立方構造（bcc 構造）の金属膜で形成されることが好ましく、具体的には Cr、W、Mo、V、Mn、Nb、Ta のいずれか 1 種または 2 種以上の元素で形成されることが好ましい。このバイアス下地層 62 は、ハードバイアス層 63 の下側のみに形成されていることが好ましいが、フリー磁性層 33 の両側部とハードバイアス層 63 との間に若干介在していてもよい。フリー磁性層 33 の両側部とハードバイアス層 63 の間に形成されるバイアス下地層 62 のトラック幅方向における膜厚は、1 nm 以下であることが好ましい。バイアス下地層 62 が介在していれば、ハードバイアス層 63 とフリー磁性層 33 とを磁氣的に連続体にすることができ、フリー磁性層 33 の端部が反磁界の影響を受けるバックリング現象を防止することができ、フリー磁性層 33 の磁区制御が容易になる。

【0040】

以上の全体構成を有する CPP-GMR ヘッド 1 は、センス電流が GMR 素子 30 の膜面に対して垂直方向（膜厚方向）に流れたとき、GMR 素子 30 の巨大磁気抵抗効果を利用して記録媒体からの漏れ磁界を検出することができる。図 4 に示す矢印は、上部シールド層 50 側から下部シールド層 10 側に向かってセンス電流を流した場合に生じる電流経路を示している。

【0041】

図 4 に示されるように、上部シールド層 50 に与えられたセンス電流は、その大部分が上部シールド層 50 よりも比抵抗の小さい上部大面積非磁性金属膜 40 に流れ込む。上部大面積非磁性金属膜 40 に流れ込んだセンス電流は、上部大面積非磁性金属膜 40 が GMR 素子 30 よりも広い範囲に存在しているため、該上部大面積非磁性金属膜 40 内を膜面に対して平行に流れ、上部大面積非磁性金属膜 40 と固定磁性層 31 の界面から該 GMR 素子 30 の膜面に直交する方向（膜厚方向）に流れた後、フリー磁性層 33 と下部大面積非磁性金属膜 20 の界面から下部大面積非磁性金属膜 20 に入る。下部大面積非磁性金属膜 20 内に入ったセンス電流は、下部大面積非磁性金属膜 20 の比抵抗が下部シールド層 50 よりも小さく且つ下部大面積非磁性金属膜 20 が GMR 素子 30 よりも広い範囲に存在しているため、その大部分が比抵抗のより小さい下部大面積非磁性金属膜 20 内を膜面に対して平行に流れ、GMR 素子 30 の下層に位置する範囲の下部シールド層 10 にはほとんど流れない。

【0042】

このような電流経路によれば、GMR 素子 30 が形成されている範囲の上層位置又は下層位置に、センス電流が集中することがない。すなわち、大面積非磁性金属膜 20、40 とシールド層 10、50 の界面における電流密度は小さくなり、シールド層 10、50 の AMR 効果が生じて、該 AMR 効果によるノイズ（シールド層 10、50 の抵抗変化）を小さく抑えられる。なお、下部シールド層 10 から上部シールド層 50 に向かってセンス電流を流す場合には、センス電流の流れる方向は逆向きであるが、同様の電流経路ができる。

【0043】

上述したように本 CPP-GMR ヘッド 1 は、形状異方性や逆磁歪効果、下部大面積非磁性金属膜 20 によるシールド効果により固定磁性層 31 の磁化方向をハイト方向に安定化させており、固定磁性層 31 の磁化方向を固定するための反強磁性層を備えていない。よって、GMR 素子 30 にセンス電流を流したときに発生するジュール熱が大幅に低減され、この結果、素子温度の上昇が抑制されて信頼性が向上するとともに、ヘッドの高周波特性も改善される。また本実施形態では、反強磁性層を備えないことによりシールド間隔 $R-G_L$ を従来よりも小さくすることができ、さらに、上部大面積非磁性金属膜 40 及び下部大面積非磁性金属膜 20 を従来よりも厚い膜厚 t_{40} 、 t_{20} で形成できている。なお、従来では、図 2-1 に示すように固定磁性層の直上に反強磁性層が厚い膜厚で形成されていたため、シールド間隔 $R-G_L'$ を大きくさせずに非磁性金属膜を十分に厚くすること

ができなかった。

【0044】

次に、図5～図8を参照し、図1～図3に示すCPP-GMRヘッド1の製造方法の一実施形態について説明する。

【0045】

図5～図8において、(a)はCPP-GMRヘッド1の製造工程を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、(b)はCPP-GMRヘッド1の製造工程を素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。各層の形成材料及び膜厚は、完成状態のCPP-GMRヘッド1と同一であるため、説明を省略する。

【0046】

まず、下から順に下部シールド層10、下部大面積非磁性金属膜20、第1固定磁性層31a、非磁性中間層31b、第2固定磁性層31c、非磁性材料層32及びフリー磁性層33を真空中でベタ膜上に連続成膜する。成膜にはスパッタ法を用いる。このとき、第2固定磁性層31cは、完成状態の第2固定磁性層31cの素子部と同じ膜厚で均一に成膜しておく。

【0047】

次に、フリー磁性層33の上に、形成すべきGMR素子30の光学的な素子面積（トラック幅寸法Tw、高さ寸法h1）と同程度、あるいは該素子面積よりも若干小さい面積を覆うリフトオフ用のレジスト層R1を形成する。

【0048】

レジスト層R1を形成したら、レジスト層R1に覆われていないフリー磁性層33から第1固定磁性層31aまでの各層（フリー磁性層33、非磁性材料層32、第2固定磁性層31c、非磁性中間層31b及び第1固定磁性層31a）を例えばイオンミリング等により除去し、下部大面積非磁性金属膜20が露出したらイオンミリングを終了する。この工程により、図5に示すように、下部大面積非磁性金属膜20のトラック幅方向のほぼ中央部上に、第1固定磁性層31aからフリー磁性層33までの各層で構成されるGMR素子30が略台形状となつて残される。なお、GMR素子30の両側端面にはイオンミリングで除去された物質の一部が再付着するので、この再付着物を再度ミリングで除去することが好ましい。

【0049】

続いて、レジスト層R1を残した状態のまま、GMR素子30の両側端面にかけて、第1絶縁層61、バイアス下地層62、ハードバイアス層63及び第2絶縁層64を連続成膜する。成膜にはスパッタ法を用いる。なお、スパッタ成膜時におけるスパッタ粒子角度は、下部大面積非磁性金属膜20に対してほぼ垂直方向とすることが好ましい。スパッタ成膜後は、レジスト層R1を除去する。レジスト層R1除去後の状態を図6に示す。

【0050】

レジスト層R1を除去したら、図7に示すように、フリー磁性層33上に、形成すべきGMR素子30の高さ寸法h1を規定するレジスト層R2を形成する。

【0051】

続いて、同図7に示すように、レジスト層R2に覆われていないフリー磁性層33、非磁性材料層32及び第2固定磁性層31cの一部を例えばイオンミリングにより除去し、この除去部分に第1バックフィルギャップ層71を成膜する。このイオンミリング工程により、フリー磁性層33及び非磁性材料層32はGMR素子30となる素子部のみに残され、第2固定磁性層31cの一部、非磁性中間層31b及び第1固定磁性層31aは、フリー磁性層33及び非磁性材料層32よりもハイト方向奥側に長く延びた状態で残される。このフリー磁性層33、非磁性材料層32及び第2固定磁性層31cの一部は、ハイト方向奥側の端面位置が滑らかに連続している。第2固定磁性層31cは、素子部よりも素子部外（ハイト方向奥側に長く延びた部分）で膜厚が薄くなっている。

【0052】

第1バックフィルギャップ層71の成膜後は、リフトオフによりレジスト層R2を除去

する。

【0053】

レジスト層 R2 を除去したら、図 8 に示すように、フリー磁性層 33 及び第 1 バックフィルギャップ層 71 の上に、第 2 固定磁性層 31c、非磁性中間層 31b 及び第 1 固定磁性層 31a の高さ寸法 h2 を規定するレジスト層 R3 を形成する。この高さ寸法 h2 は、GMR 素子 30 のトラック幅寸法 Tw 及び高さ寸法 h1 よりも大きく設定されている。レジスト層 R3 は、上記レジスト層 R2 よりもハイト方向の寸法が大きくなっている。

【0054】

続いて、同図 8 に示すように、レジスト層 R3 に覆われていない第 1 バックフィルギャップ層 71 から少なくとも第 1 固定磁性層 31a までの各層を例えばイオンミリングにより除去する。本実施形態では、レジスト層 R3 に覆われていない第 1 バックフィルギャップ層 71、第 2 固定磁性層 31c の一部、非磁性中間層 31b、第 1 固定磁性層 31a 及び下部大面積非磁性金属膜 20 を除去し、該除去部分に下部シールド層 10 を露出させる。この露出させた下部シールド層 10 上には、同図 8 に示すように、第 2 バックフィルギャップ層 72 を成膜する。第 2 バックフィルギャップ層 72 の成膜後は、レジスト層 R3 をリフトオフにより除去する。

【0055】

続いて、フリー磁性層 33、第 2 絶縁層 64、第 1 バックフィルギャップ層 71 及び第 2 バックフィルギャップ層 72 の上に上部大面積非磁性金属膜 40 をスパッタ成膜し、上部大面積非磁性金属膜 40 の上面に CMP 加工又はイオンミリングを施す。この CMP 加工又はイオンミリングにより、上部大面積非磁性金属膜 40 の上面が平坦化される。この平坦性は、上部シールド層 50 上に記録用のインダクティブヘッドを積層して形成する際にも保障される。CMP 加工後の上部大面積非磁性金属膜 40 の膜厚 t40 が、完成状態の CPP-GMR ヘッド 1 と同じになる。

【0056】

そして、平坦化された上部大面積非磁性金属膜 40 の上に、上部シールド層 50 をスパッタ成膜する。上部シールド層 50 は、上部大面積非磁性金属膜 40 を成膜する際に、該上部大面積非磁性金属膜 40 と連続でスパッタ成膜してもよい。

【0057】

以上の工程により、図 1 に示す CPP-GMR ヘッド 1 が完成する。

【0058】

図 9～図 13 は、本発明による CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド (CPP-GMR ヘッド) の第 2 実施形態を示している。第 2 実施形態は、GMR 素子部よりもハイト方向奥側に、固定磁性層の磁化方向をハイト方向に固定するための反強磁性層を設けた点で、第 1 実施形態と異なる。

【0059】

図 9 は CPP-GMR ヘッド 201 の構造を素子中央で切断して示す部分断面図、図 10 は CPP-GMR ヘッド 201 の構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、図 11 は GMR 素子 230 を上から見て示す模式平面図である。図 9～図 11 において、図 1～図 3 に示す第 1 実施形態と同一の符号を付した層の機能、形状、形成材料及び膜厚は、第 1 実施形態と同一であるため、これらの説明は省略する。

【0060】

本 CPP-GMR ヘッド 201 は、GMR 素子 30 外に、厳密には GMR 素子 30 よりもハイト方向奥側の位置に、固定磁性層 31 の磁化方向を固定するための反強磁性層 34 を備えている。別言すれば、反強磁性層 34 は、ハイト方向奥側に延長させた第 2 固定磁性層 31c の上に、上部非磁性金属膜 40'、フリー磁性層 33、非磁性材料層 32 及び第 2 固定磁性層 31c の一部のハイト方向奥側の端面に接して形成されている。この反強磁性層 34 は、第 2 固定磁性層 31c との界面に交換結合磁界を発生させ、該交換結合磁界により第 2 固定磁性層 31c の磁化方向をハイト方向に固定する。第 1 固定磁性層 31a と第 2 固定磁性層 31c は、非磁性中間層 31b を介した RKKY 的相互作用により、

互いに磁化が反平行状態となっている。よって、第1固定磁性層31aの磁化はハイト方向と反平行方向に固定されている。第2実施形態においても、第1固定磁性層31aの単位面積あたりの磁気モーメント（飽和磁化 $M_s \times$ 膜厚 t ）を第2固定磁性層31cの単位面積あたりの磁気モーメントよりも大きくしてあるので、固定磁性層31の全体としての磁化方向は第1固定磁性層31aの磁化方向に等しくなる。図9では、第1固定磁性層31aの磁化方向を太い矢印、第2固定磁性層31cの磁化方向を細い矢印で示してある。

【0061】

反強磁性層34は、元素Z（ただし元素Zは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Osのうち1種または2種以上の元素である）とMnとを含有する反強磁性材料で形成されることが好ましい。あるいは、元素Zと元素Z'（ただし元素Z'は、Ne、Ar、Kr、Xe、Be、B、C、N、Mg、Al、Si、P、Ti、V、Cr、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Ge、Zr、Nb、Mo、Ag、Cd、Sn、Hf、Ta、W、Re、Au、Pb、及び希土類元素のうち1種又は2種以上の元素である）とMnとを含有する反強磁性材料により形成されることが好ましい。これら反強磁性材料は、耐食性に優れていてブロッキング温度も高く、反強磁性層34と第2固定磁性層31cの界面で大きな交換結合磁界を発生させることができる。反強磁性層34は、80 Å以上で300 Å以下の膜厚で形成されることが好ましく、本実施形態では約150 Åの膜厚で形成されている。

【0062】

反強磁性層34と上部シールド層50の間には、センス電流が反強磁性層34側に流れないように、 Al_2O_3 や SiO_2 などの絶縁材料により形成された第1バックフィルギャップ層（絶縁層）71が形成されている。第1バックフィルギャップ層71、反強磁性層34、第2固定磁性層31c、非磁性中間層31b、第1固定磁性層31a及び下部大面積非磁性金属膜20は、図10に示すようにハイト方向奥側の端面位置が一致している。これら第1バックフィルギャップ層71、反強磁性層34、第2固定磁性層31c、非磁性中間層31b、第1固定磁性層31a及び下部大面積非磁性金属膜20のハイト方向奥側では、 Al_2O_3 や SiO_2 などの絶縁材料により形成された第2バックフィルギャップ層（絶縁層）72によって、下部シールド層10と上部シールド層50の間が埋められている。

【0063】

本第2実施形態で備えられる上部非磁性金属膜40'は、フリー磁性層33の上に、該フリー磁性層33と同一面積で形成されている。この上部非磁性金属膜40'は、上述した第1実施形態の上部大面積非磁性金属膜40と同様に、上部シールド層50におけるセンス電流の集中を緩和する機能を有している。

【0064】

次に、図12及び図13を参照し、図9～図11に示すCPP-GMRヘッド201の製造方法の一実施形態について説明する。

【0065】

図12及び図13において、(a)はCPP-GMRヘッド201の製造工程を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、(b)はCPP-GMRヘッド201の製造工程を素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。各層の形成材料及び膜厚は、完成状態のCPP-GMRヘッド201と同一である。

【0066】

本製造方法は、第1バックフィルギャップ層71の形成前まで、すなわち、レジスト層R2に覆われていない上部非磁性金属膜40'、フリー磁性層33、非磁性材料層32及び第2固定磁性層31cの一部を除去する工程まで、上述の第1実施形態と同一である。図12は、レジスト層R2に覆われていない上部非磁性金属膜40'、フリー磁性層33、非磁性材料層32及び第2固定磁性層31cの一部を例えばイオンミリングにより除去した直後の状態を示している。ここで、上部非磁性金属膜40'、フリー磁性層33及び非磁性材料層32はGMR素子30となる素子部のみに残され、第2固定磁性層31cの一部、非磁性中間層31b及び第1固定磁性層31aは、フリー磁性層33及び非磁性材

料層 32 よりもハイト方向奥側に長く延びた状態で残されている。これら上部非磁性金属膜 40'、上部シールド層 50 の一部、フリー磁性層 33、非磁性材料層 32 及び第 2 固定磁性層 31c の一部は、そのハイト方向奥側の端面位置が滑らかに連続している。第 2 固定磁性層 31c の膜厚は、素子部よりも素子部外（ハイト方向奥側に長く延びた部分）で薄く、素子部では 50 Å 程度、素子部外では 40 Å 程度である。

【0067】

レジスト層 R2 に覆われていない上部非磁性金属膜 40' から第 2 固定磁性層 31c の一部までを除去したら、図 13 に示すように、この除去部分に反強磁性層 34 と第 1 バックフィルギャップ層 71 を成膜する。第 1 バックフィルギャップ層 71 の成膜後は、リフトオフによりレジスト層 R2 を除去する。レジスト層 R2 を除去したら、第 1 実施形態と同様の工程で、第 2 固定磁性層 31c、非磁性中間層 31b 及び第 1 固定磁性層 31a の高さ寸法 h2 を規定するとともに、第 2 バックフィルギャップ層 72 を形成する。

【0068】

そして第 2 バックフィルギャップ層 72 の形成後は、ハイト方向の磁場中でアニール処理を行なう。このとき、アニール温度は例えば 270℃ 程度であり、印加磁界の大きさは 800 kA/m 程度である。この磁場中アニール処理が施されることにより反強磁性層 34 は、少なくとも一部の不規則格子が規則格子に変態し、反強磁性特性を発揮する。すなわち、反強磁性層 34 と第 2 固定磁性層 31c の間に交換結合磁界が発生する。発生した交換結合磁界により、第 2 固定磁性層 31c の磁化方向はハイト方向に固定され、第 1 固定磁性層 31a の磁化方向はハイト方向に対して反平行方向に固定される。図 9 に示す矢印方向は、第 1 固定磁性層 31a 及び第 2 固定磁性層 31c の磁化方向をそれぞれ示している。

【0069】

本実施形態では、ハイト方向奥側に延長させた第 2 固定磁性層 31c の上面に反強磁性層 34 が接触しているため、該反強磁性層 34 と第 2 固定磁性層 31c の接触面積（交換結合磁界が生じている面積範囲）を十分に確保でき、第 2 固定磁性層 31c の磁化を強固に固定することができる。よって、非磁性中間層 31b を介して第 1 固定磁性層 31a の磁化も強固に固定される。

【0070】

アニール処理後は、上部非磁性金属膜 40'、第 2 絶縁層 64、第 1 バックフィルギャップ層 71 及び第 2 バックフィルギャップ層 72 の上に、上部シールド層 50 を成膜する。なお、上部非磁性金属膜 40' は、上部シールド層 50 を成膜する直前に成膜してもよい。

【0071】

以上の工程により、図 9～図 11 に示す CPP-GMR ヘッド 201 が完成する。

【0072】

以上のように第 2 実施形態では、GMR 素子部（非磁性材料層 32 及びフリー磁性層 33）よりもハイト方向奥側に反強磁性層 34 を備えたので、固定磁性層 31 の磁化方向は、該固定磁性層 31 の逆磁歪効果、形状異方性及び下部大面積非磁性金属膜 20 によるシールド効果に加えて、該固定磁性層 31（第 2 固定磁性層 31c）と反強磁性層 34 の界面に生じた交換結合磁界により、強固に固定される。また本第 2 実施形態では、反強磁性層 34 が第 2 固定磁性層 31c の上面に接して備えたので、第 2 固定磁性層 31c と反強磁性層 34 の接触面積（交換結合磁界が生じる面積範囲）を広く確保でき、固定磁性層 31 の磁化をより強固に固定することができる。このように固定磁性層 31 の磁化が十分強固に固定されていると、センス電流磁界の向きと第 1 固定磁性層 31a 及び第 2 固定磁性層 31c の合成磁気モーメントの向きとが一致していなくても、発生したセンス電流磁界によって固定磁性層 31 の磁化がゆらぐことがない。これにより、センス電流密度を高くして高出力化を図ることが可能である。例えば上部シールド層 50 から下部シールド層 10 に向けてセンス電流を GMR 素子 30 の膜面に対して垂直方向（膜厚方向）に流したとき、図 14 に細矢印で示すように図示右回りのセンス電流磁界が発生する。このセンス電流

磁界の向きは、第1固定磁性層31a及び第2固定磁性層31cの合成磁気モーメントの向き（図14中の太矢印で示す向き）と一致していることが固定磁性層31の磁化固定をさらに強固にする上で望ましい。

【0073】

また第2実施形態では、反強磁性層34がGMR素子30よりもハイト方向奥側に配置され、センス電流の流れる電流経路から隔離されているので、GMR素子30にセンス電流を流しても反強磁性層34が発熱することがない。よって、動作時にGMR素子30の発熱が大幅に低減され、この結果、素子温度の上昇が抑制されて信頼性が向上する。反強磁性層34の上面はGMR素子30の上面よりも上に位置しているが、反強磁性層34の上面は第1バックフィルギャップ層71により覆われているので、センス電流は反強磁性層34にほとんど流れず、分流ロスが軽減されて再生出力の向上を図ることが可能である。さらに、記録媒体との対向面でシールド間隔R-GLを図21に示す従来よりも狭くすることができ、高分解能化を図ることができる。

【0074】

図15～図17は、本発明によるCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド（CPP-GMRヘッド）の第3実施形態を示している。第3実施形態は、GMR素子部よりもハイト方向奥側に、固定磁性層31の磁化方向をハイト方向に固定するための絶縁反強磁性層334を備えた点で、第1及び第2実施形態と異なる。

【0075】

図15はCPP-GMRヘッド301の構造を素子中央で切断して示す部分断面図、図16はCPP-GMRヘッド301の構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、図17はGMR素子330を上から見て示す模式平面図である。図15～図17において、第1及び第2実施形態と同一の符号を付した層の機能、形状、形成材料及び膜厚は、第1及び第2実施形態と同一であるため、これらの説明は省略する。

【0076】

CPP-GMRヘッド301は、上部シールド層10及び下部シールド層50を介してセンス電流を膜厚方向に流したとき、GMR効果を発揮するGMR素子330を備えている。GMR素子330は、下から順に固定磁性層331（第2固定磁性層331c、非磁性中間層331b、第1固定磁性層331a）、非磁性材料層332及びフリー磁性層333を有している。非磁性材料層332及びフリー磁性層333は、第1及び第2実施形態の非磁性材料層32及びフリー磁性層33と同じ形状、膜厚及び形成材料で形成されている。

【0077】

固定磁性層331は、非磁性材料層332及びフリー磁性層333よりもハイト方向奥側に長く延びて形成されており、該ハイト方向奥側位置で絶縁反強磁性層334に接している。この固定磁性層331を構成する第2固定磁性層331cは、絶縁反強磁性層334との界面に生じた交換結合磁界により、磁化方向がハイト方向に反平行方向に固定されている。この第2固定磁性層331cと第1固定磁性層331aは、非磁性中間層331bを介したRKKY的相互作用により、磁化が互いに反平行状態となっている。これにより、第1固定磁性層331aの磁化はハイト方向に固定される。

【0078】

絶縁反強磁性層334は、例えばNi-O又は α -Fe₂O₃等により形成されており、電流を流さない。これにより、非磁性材料層332及びフリー磁性層333のハイト方向奥側位置で、絶縁反強磁性層334が第2固定磁性層331cの下面に接触して備えられていても、GMR素子330を流れるセンス電流が絶縁反強磁性層334側へ流れ込むことがなく、センス電流のロスを抑制することができる。また絶縁反強磁性層334が発熱することなく、ジュール熱の発生を抑制可能である。

【0079】

第3実施形態によるCPP-GMRヘッド301は、第2実施形態の製造工程において、反強磁性層34の代わりに、絶縁反強磁性層334を形成することで形成することがで

きる。

【0080】

図18～図20は、本発明によるCPP型巨大磁気抵抗効果ヘッド（CPP-GMRヘッド）の第4実施形態を示している。第4実施形態は、第3実施形態の絶縁反強磁性層334と第2固定磁性層331cの間に、金属反強磁性層434を介在させた点で、第3実施形態と異なる。

【0081】

図18はCPP-GMRヘッド401の構造を素子中央で切断して示す部分断面図、図19はCPP-GMRヘッド401の構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、図20はGMR素子330を上から見て示す模式平面図である。図18～図20において、第3実施形態と同一の符号を付した層の機能、形状、形成材料及び膜厚は、第3実施形態と同一であるため、これらの説明は省略する。

【0082】

金属反強磁性層434は、例えばPt-Mn又はIr-Mnにより形成されている。絶縁反強磁性層334は成膜初期段階での結晶性が悪く（一定膜厚以上でないと反強磁性特性を得られないため）、第2固定磁性層331cの直上に絶縁反強磁性層334を形成した場合には該第2固定磁性層331cと絶縁反強磁性層334の界面に生じる交換結合磁界が小さい。これに対し、金属反強磁性層434は、下側の界面でも第2固定磁性層331cとの交換結合磁界が大きくなる。よって、この金属反強磁性層434を第2固定磁性層331cと絶縁反強磁性層334の間に介在していれば、第2固定磁性層331cと絶縁反強磁性層334の間にはたらく交換結合磁界を増大させることができ、且つ、絶縁反強磁性層334が上に位置していることからセンス電流が金属反強磁性層434にも入りこむことがなく、センス電流のロスを防止することができる。

【0083】

第4実施形態によるCPP-GMRヘッド401は、第2実施形態の製造工程において反強磁性層34を形成する替わりに、金属反強磁性層434と絶縁反強磁性層334を積層形成することで、得ることができる。

【0084】

上記第3及び第4実施形態で用いられる絶縁反強磁性層334は、例えばPt-Mn等からなる金属反強磁性層に比べてブロッキング温度が低い傾向にある。しかしながら、絶縁反強磁性層334はGMR素子外に配置されているので、該絶縁反強磁性層334にセンス電流が流入することなく、過度に高温とならずに済む。別言すれば、GMR素子内に備えられる従来の反強磁性層（図20参照）に要求されるほどの高いブロッキング温度は不要である。よって、この絶縁反強磁性層334をGMR素子外に備えることによる不具合は生じていない。

絶縁反強磁性層を用いることによる不具合が生じることもない。

【0085】

上述の各実施形態では、下から順に固定磁性層、非磁性材料層、フリー磁性層を積層したボトムスピバルブ型のGMR素子を備えたCPP-GMRヘッドに本発明を適用しているが、本発明は、下から順にフリー磁性層、非磁性材料層及び固定磁性層を積層したトップスピバルブ型のGMR素子を備えたCPP-GMRヘッドにも適用可能である。また上述の各実施形態では、本発明をシングルスピンバルブ型のCPP-GMRヘッドに適用しているが、本発明は、下部固定磁性層、下部非磁性材料層、フリー磁性層、上部非磁性材料層及び上部固定磁性層を順に積層したデュアルスピバルブ型のCPP-GMRヘッドにも適用可能である。

【0086】

また、上述の第2～第4実施形態では、第2固定磁性層31c（331c）の上面に接触させて反強磁性層34（又は絶縁反強磁性層334、金属反強磁性層434）を備えているが、反強磁性層はGMR素子外に備えられていればよい。固定磁性層31（331）を積層フェリ構造とする場合には、第1固定磁性層31a（331a）又は第2固定磁性

層 31c (331c) のハイト方向奥側端面、第 2 固定磁性層 31c (331c) の上面、第 2 固定磁性層 31c (331c) の下面、第 1 固定磁性層 31a (331a) の下面、第 1 固定磁性層 31a (331a) の上面のいずれかに接触させて、反強磁性層 34 (又は絶縁反強磁性層 334、金属反強磁性層 434) を備えればよい。絶縁反強磁性層 334 を備える場合には、該絶縁反強磁性層 334 を固定磁性層 31 の上に形成する膜構成であれば、絶縁反強磁性層 334 と固定磁性層 31 の間に金属反強磁性層 434 を備えることが好ましい。また別の態様として、例えば固定磁性層 31 の少なくとも一部をトラック幅方向に十分に長く延ばし、GMR 素子外で、該トラック幅方向に延ばした固定磁性層 31 の両側端部に接する反強磁性層 34 (334) を備える構成としてもよい。

【0087】

また第 2～第 4 実施形態では、フリー磁性層 33 と略同等の面積を有する上部非磁性金属膜 40' を備えているが、第 1 実施形態の上部大面積非磁性金属膜 40 と同様に、広い面積及び厚い膜厚で形成されていてもよい。

【0088】

上記各実施形態の CPP-GMR ヘッドは、再生用薄膜磁気ヘッドのみでなく、この再生用薄膜磁気ヘッド上にさらに記録用のインダクティブヘッドを積層した録再用薄膜磁気ヘッドにも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0089】

【図 1】 本発明の第 1 実施形態である CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド (CPP-GMR ヘッド) の構造を、素子中央で切断して示す部分断面図である。

【図 2】 図 1 に示す CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を、記録媒体との対向面から見て示す部分断面図である。

【図 3】 図 1 に示す GMR 素子を上から見て示す模式平面図である。

【図 4】 上部シールド層から下部シールド層に向かってセンス電流を流したときに生じる電流経路を示す概念図である。

【図 5】 図 1 の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一工程を、(a) 記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、(b) 素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 6】 図 5 に示す工程後に行なう一工程を、(a) 記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、(b) 素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 7】 図 6 に示す工程後に行なう一工程を、(a) 記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、(b) 素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 8】 図 7 に示す工程後に行なう一工程を、(a) 記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、(b) 素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 9】 本発明の第 2 実施形態による CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を素子中央で切断して示す部分断面図である。

【図 10】 図 9 に示す CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図である。

【図 11】 図 9 に示す GMR 素子を上から見て示す模式平面図である。

【図 12】 図 9～図 11 に示す CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの製造方法の一工程を、(a) 記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、(b) 素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 13】 図 12 に示す工程後に行なう一工程を、(a) 記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図、(b) 素子部中央でハイト方向に平行に切断して示す部分断面図である。

【図 14】 センス電流磁界の向きと固定磁性層の合成磁気モーメントの向きを説明す

る模式図である。

【図 15】本発明の第 3 実施形態による CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を素子中央で切断して示す部分断面図である。

【図 16】図 15 に示す CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図である。

【図 17】図 15 に示す GMR 素子を上から見て示す模式平面図である。

【図 18】本発明の第 4 実施形態による CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を素子中央で切断して示す部分断面図である。

【図 19】図 18 に示す CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドを記録媒体との対向面側から見て示す部分断面図である。

【図 20】図 18 に示す GMR 素子を上から見て示す模式平面図である。

【図 21】従来の CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッドの構造を、記録媒体との対向面から見て示す縦断面図である。

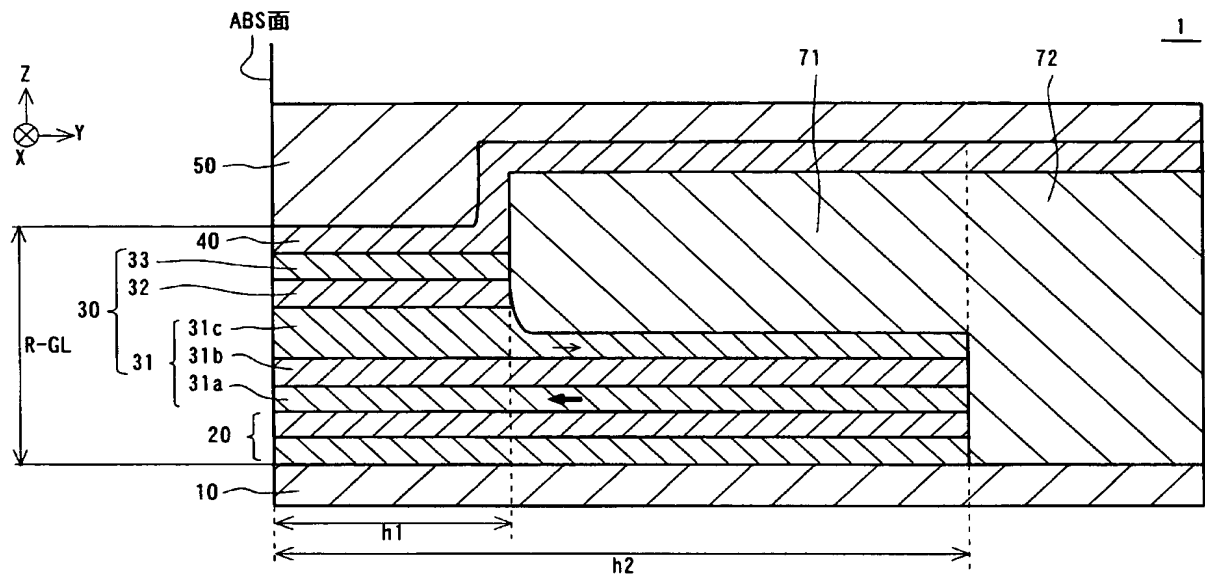
【符号の説明】

【0090】

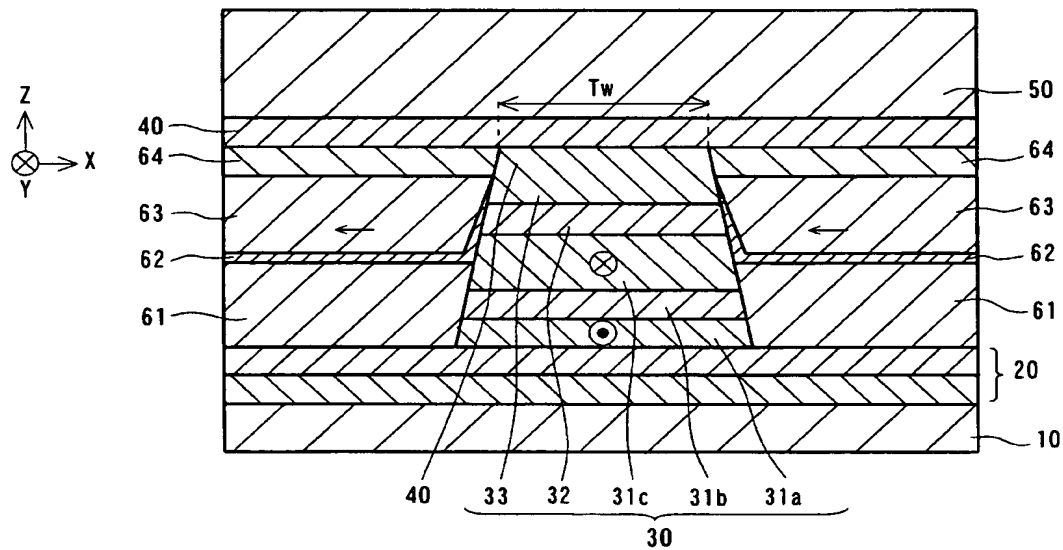
- 1 CPP-GMR ヘッド (CPP 型巨大磁気抵抗効果ヘッド)
- 10 下部シールド層
- 20 下部大面積非磁性金属膜
- 30 GMR 素子 (巨大磁気抵抗効果素子)
- 31 固定磁性層
- 31a 第 2 固定磁性層
- 31b 非磁性中間層
- 31c 第 1 固定磁性層
- 32 非磁性材料層
- 33 フリー磁性層
- 34 反強磁性層
- 40 上部大面積非磁性金属膜
- 50 上部シールド層
- 61 第 1 絶縁層
- 62 バイアス下地層
- 63 ハードバイアス層
- 64 第 2 絶縁層
- 201、301、401 CPP-GMR ヘッド
- 234 反強磁性層
- 240 上部非磁性金属膜
- 271 第 1 バックフィルギャップ層
- 272 第 2 バックフィルギャップ層
- 330 GMR 素子
- 331 固定磁性層
- 331a 第 1 固定磁性層
- 331b 非磁性中間層
- 331c 第 2 固定磁性層
- 332 非磁性材料層
- 333 フリー磁性層
- 334 絶縁反強磁性層
- 434 金属反強磁性層
- R1、R2、R3 レジスト層
- Tw GMR 素子のトラック幅寸法
- Tw' 固定磁性層のトラック幅寸法
- h1 GMR 素子の高さ寸法

h 2 固定磁性層の高さ寸法

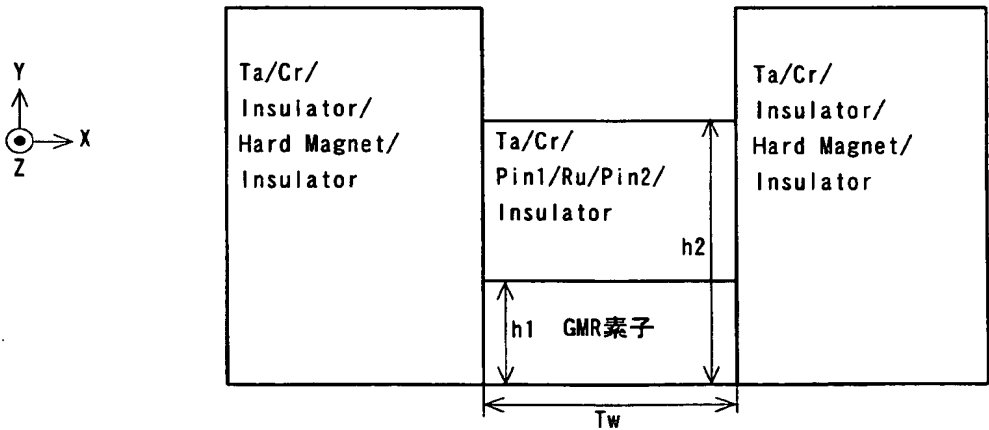
【書類名】 図面
【図 1】



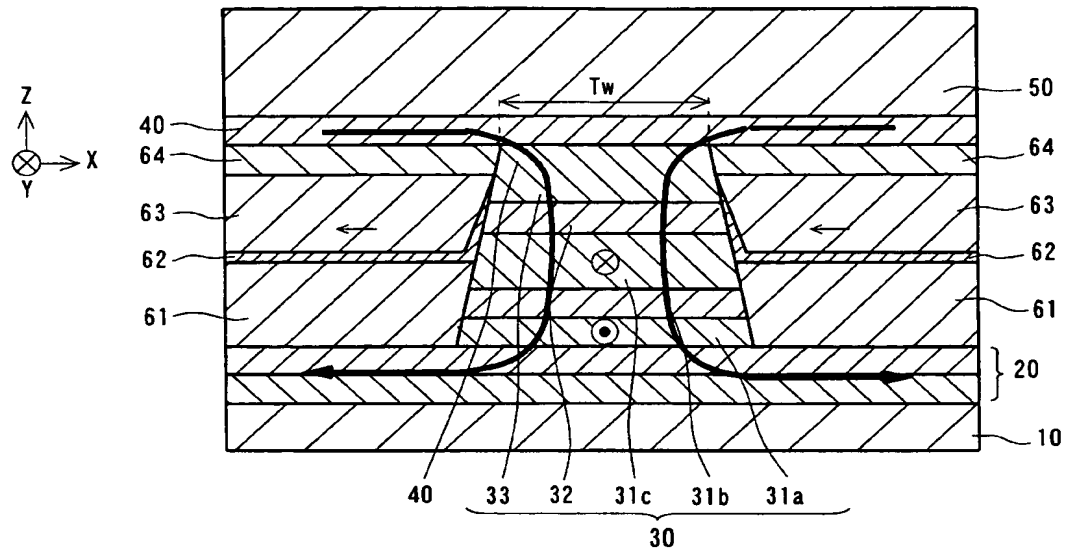
【図 2】



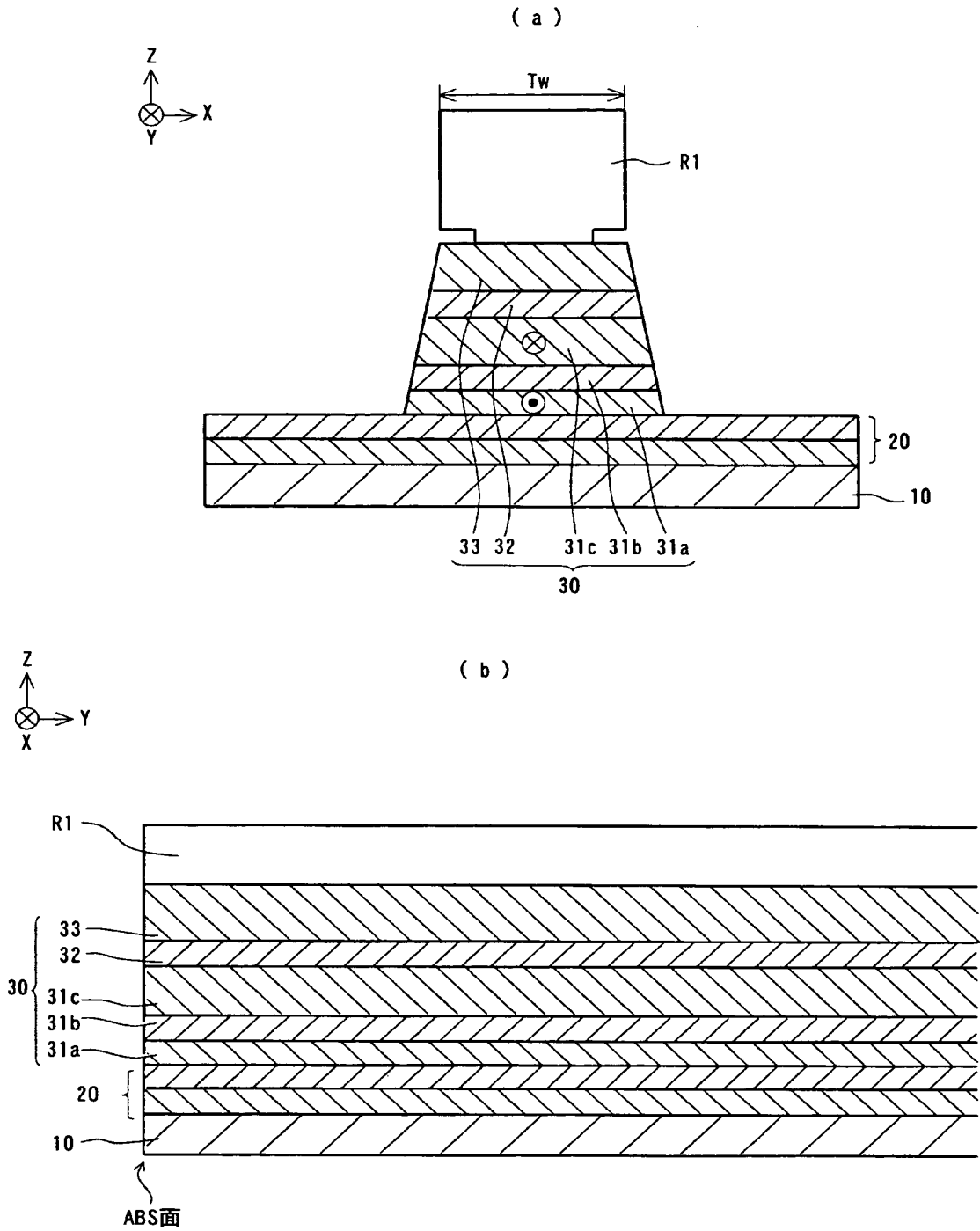
【図 3】



【図 4】

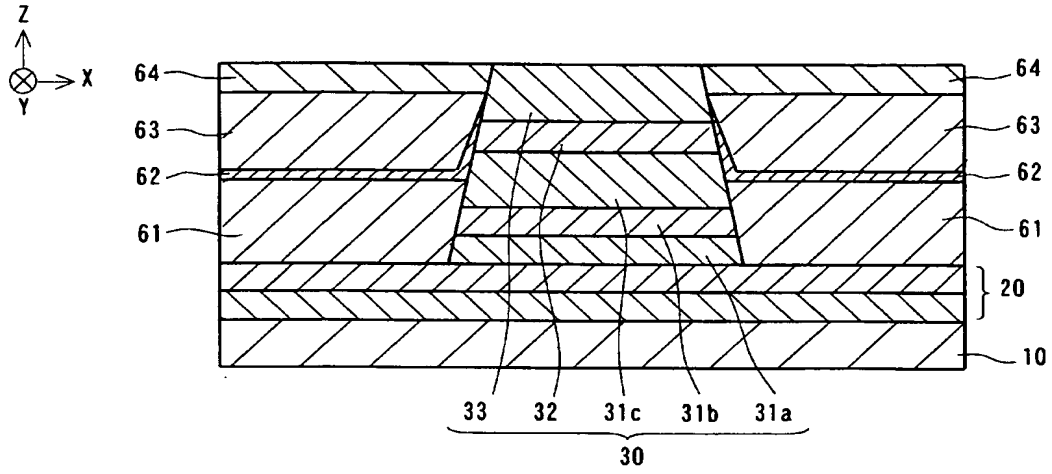


【図 5】

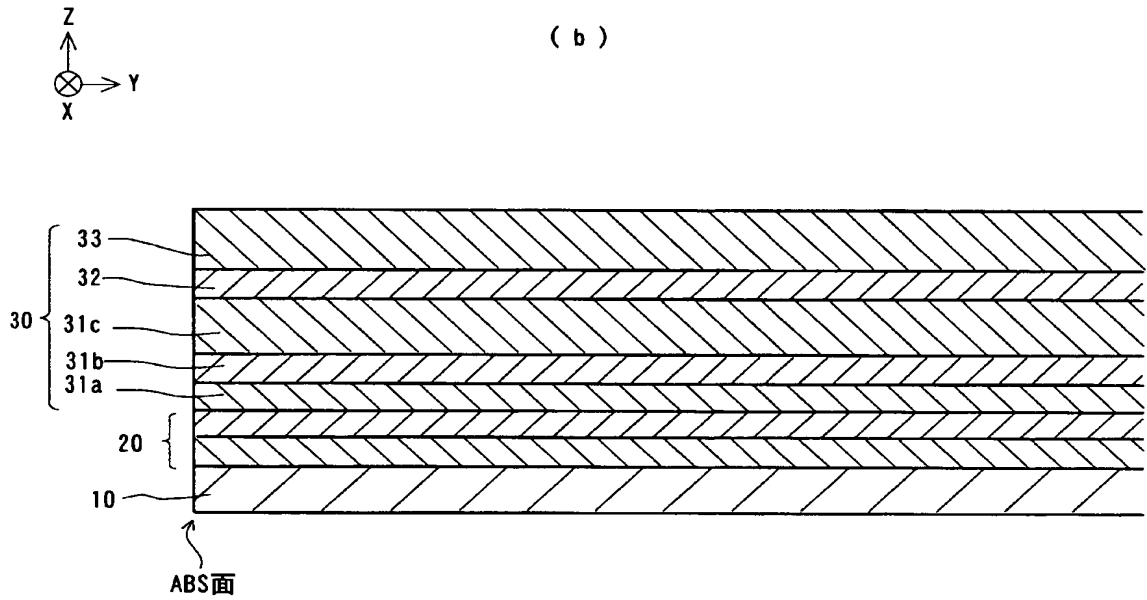


【図 6】

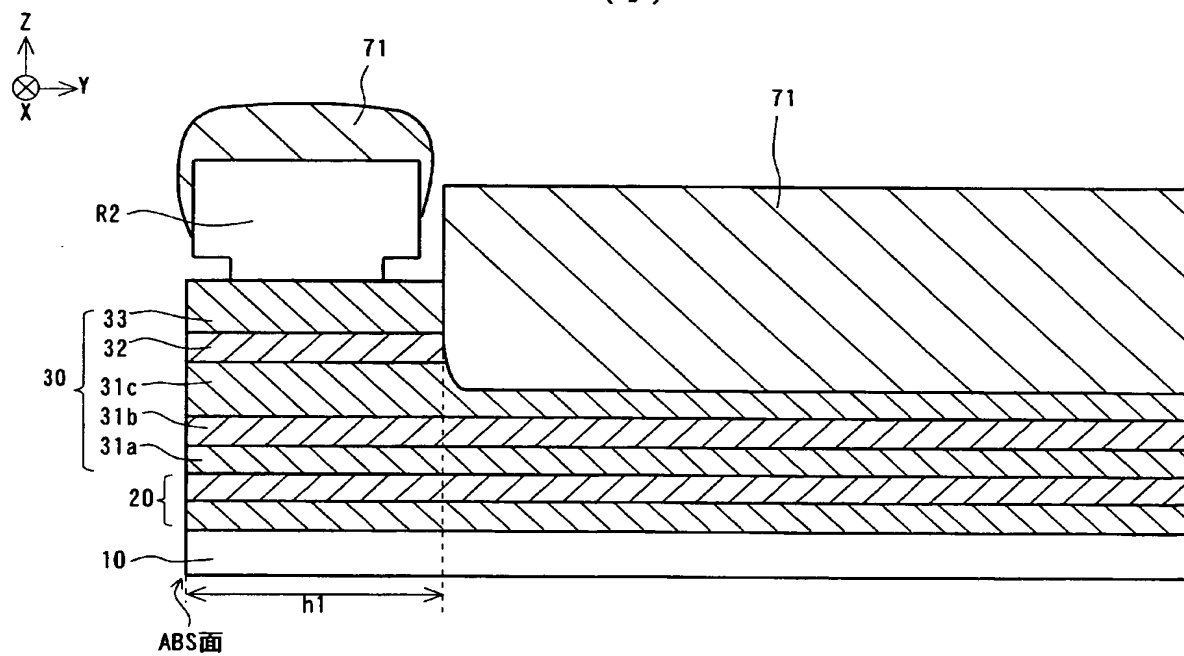
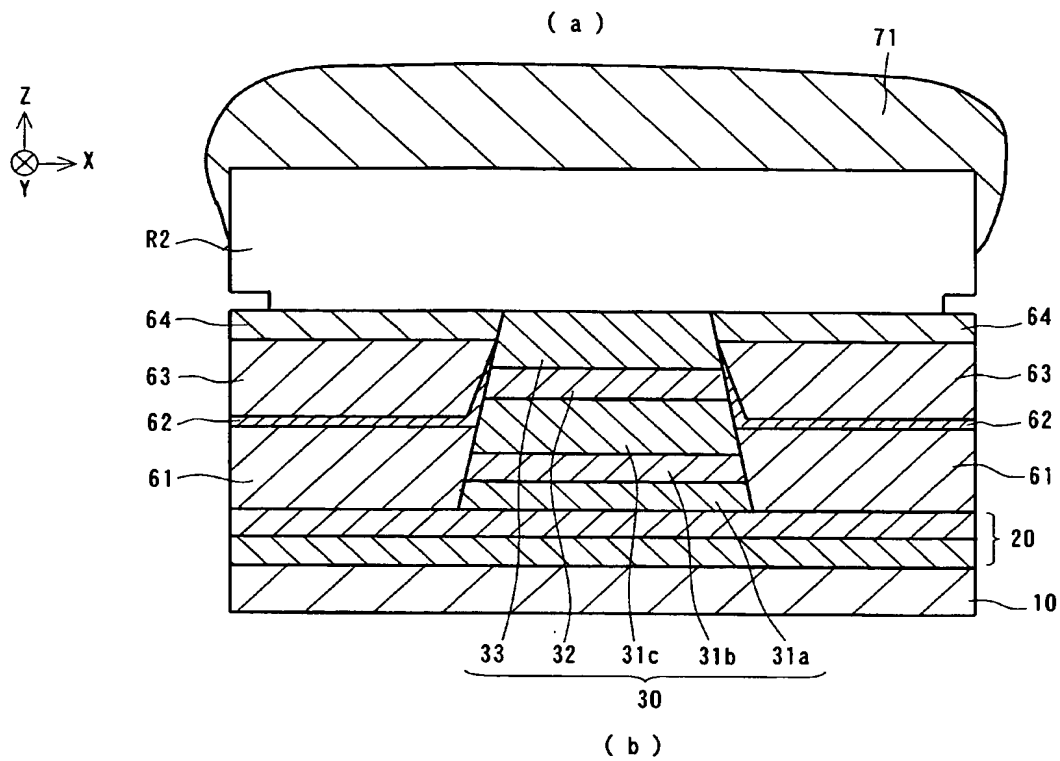
(a)



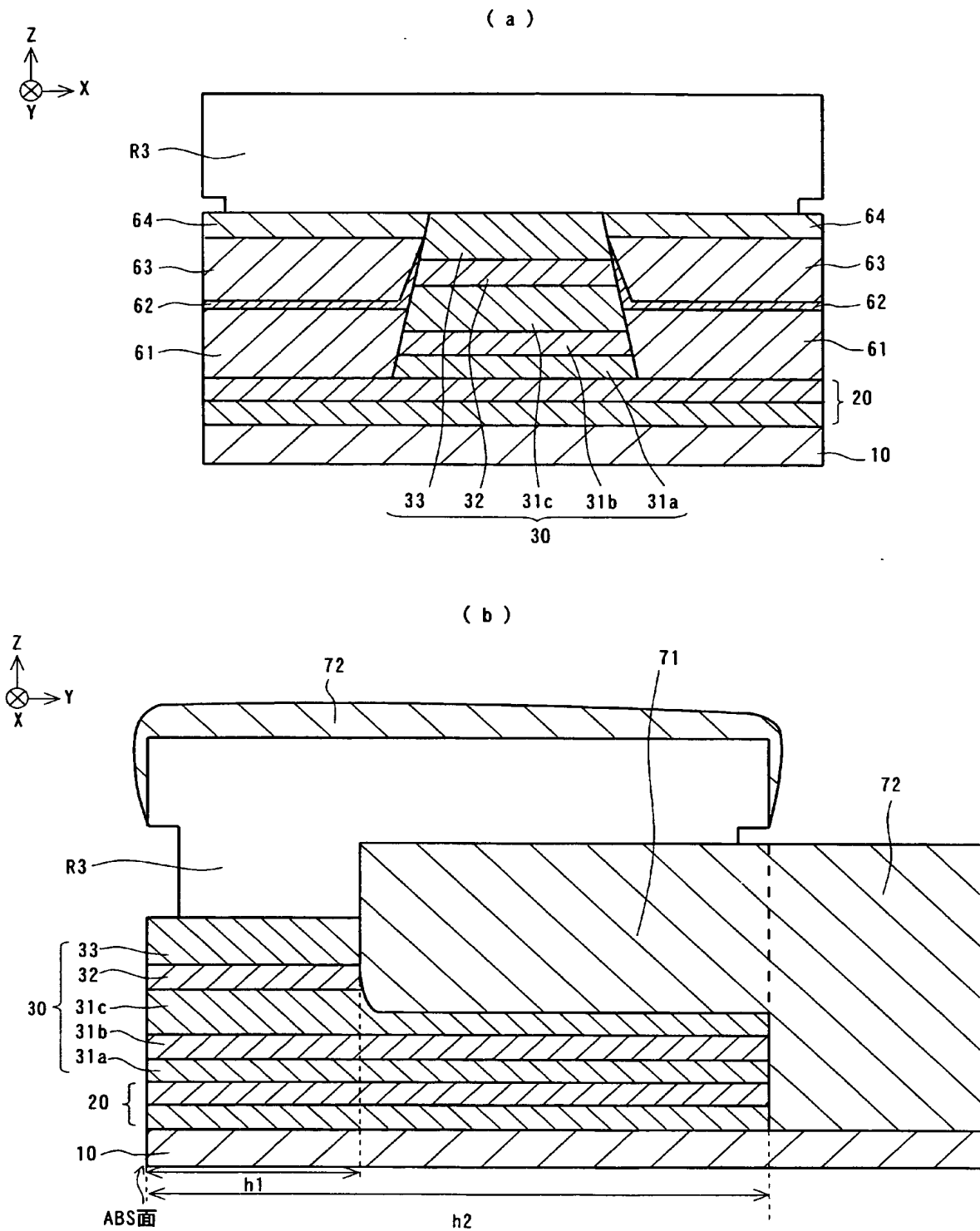
(b)



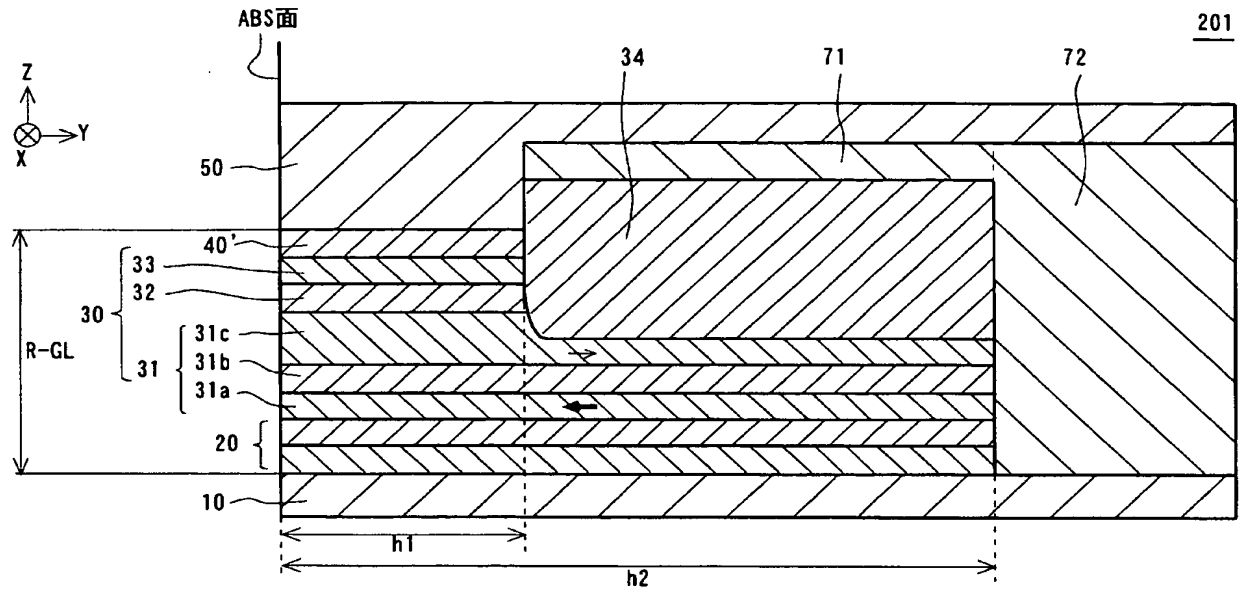
【図 7】



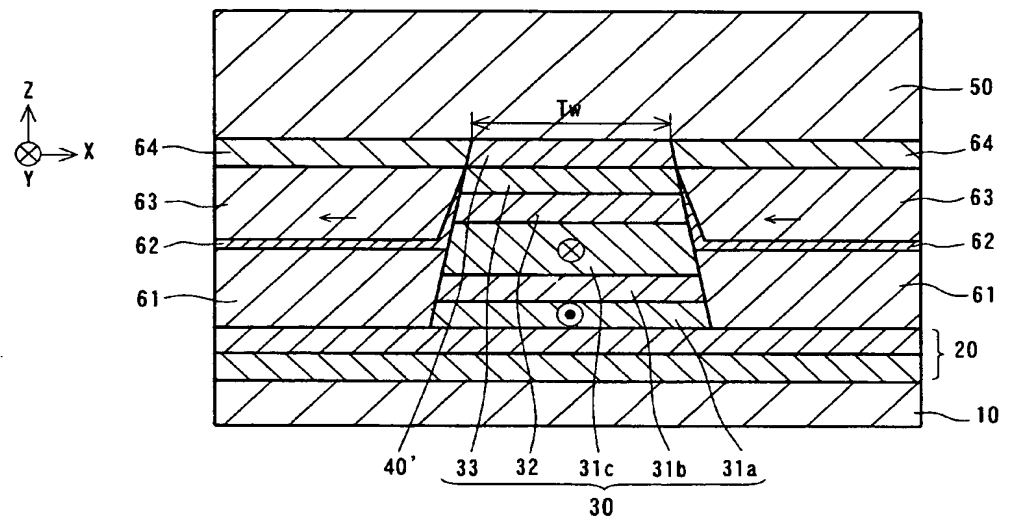
【図 8】



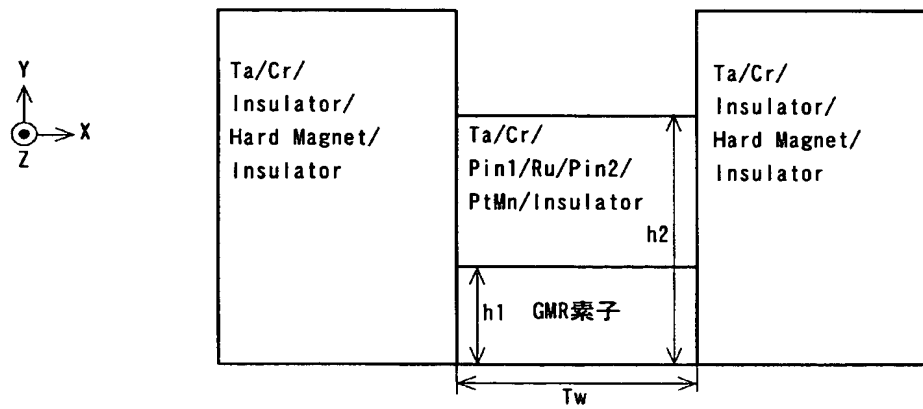
【図 9】



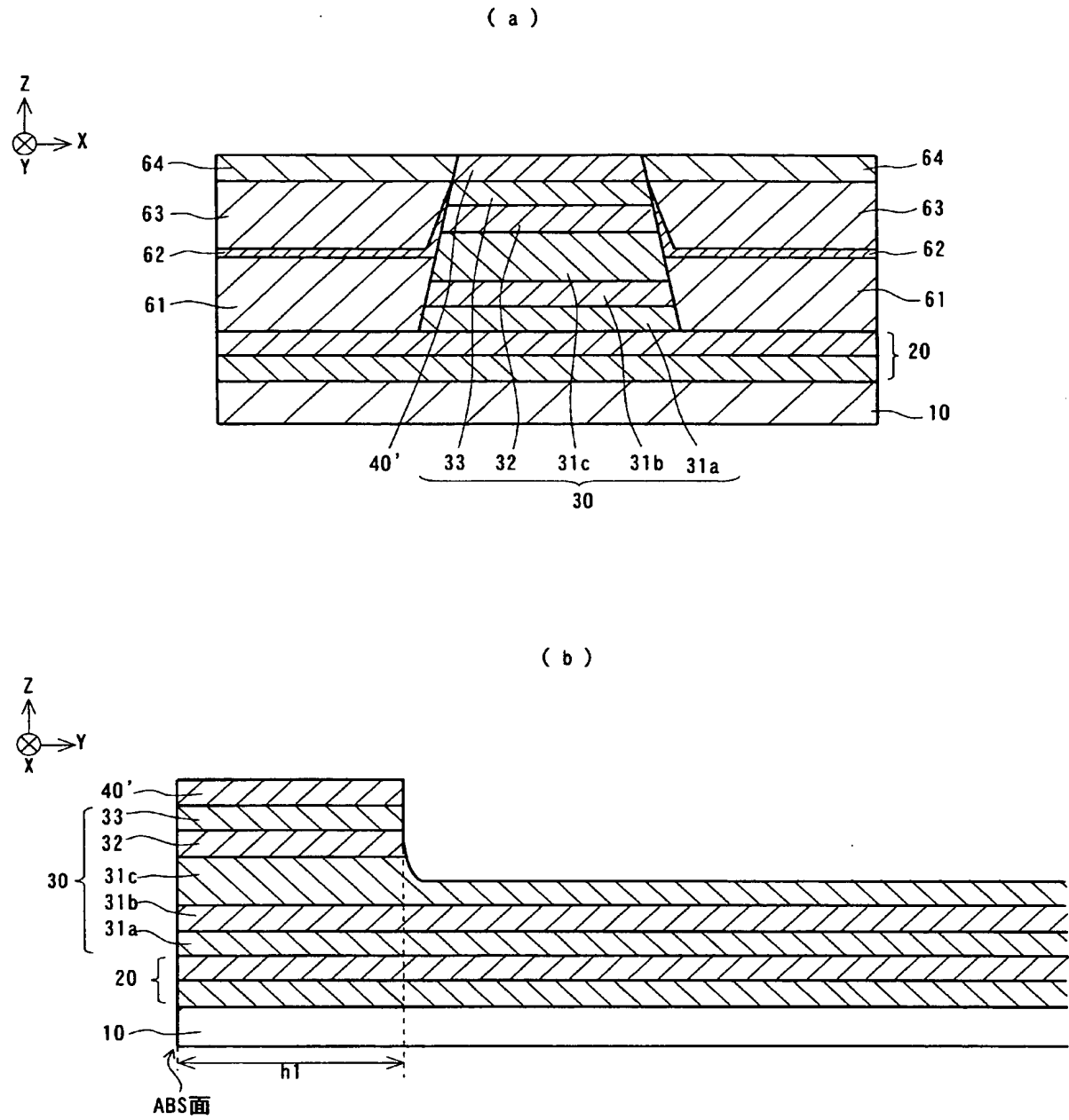
【図 10】



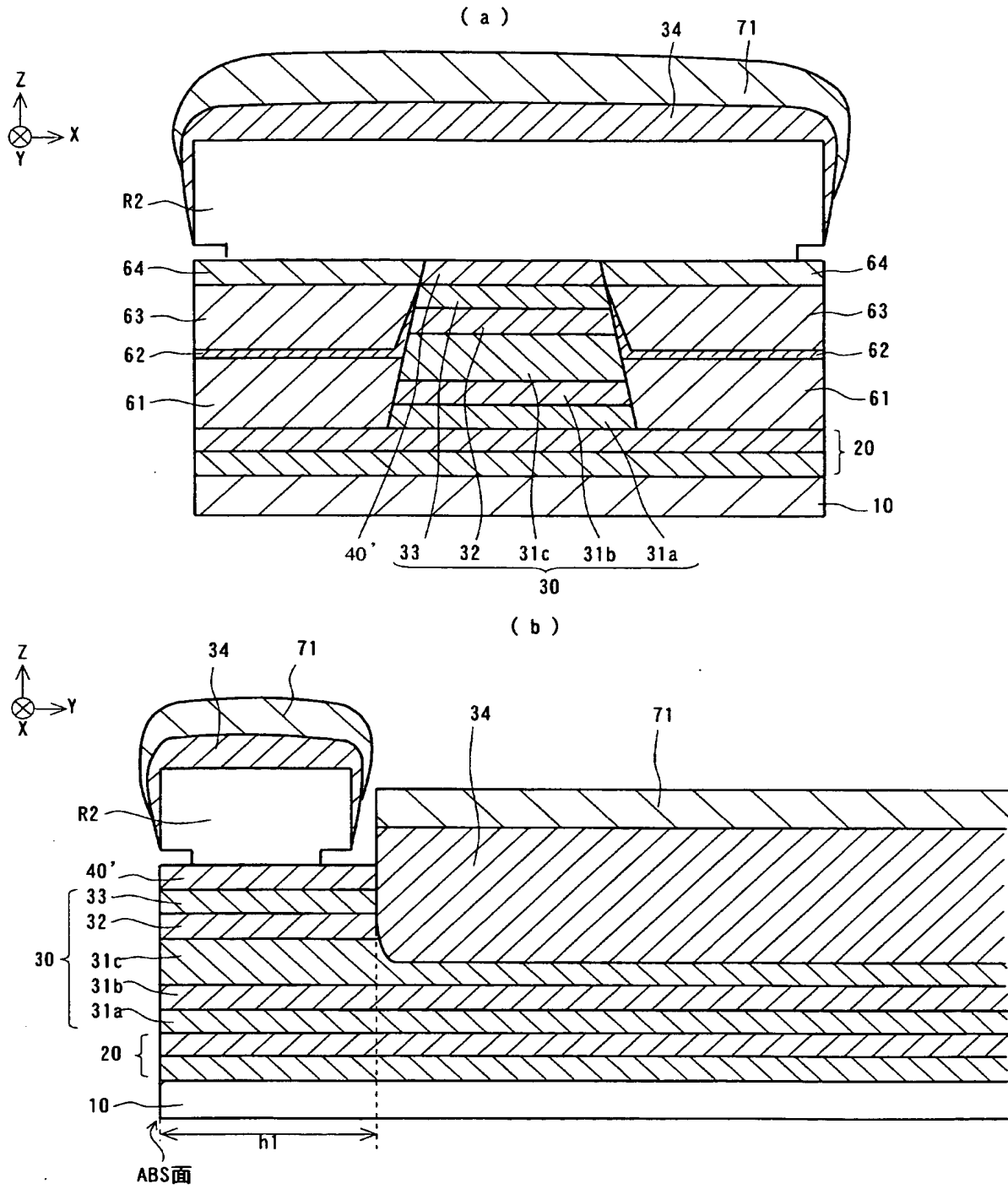
【図 11】



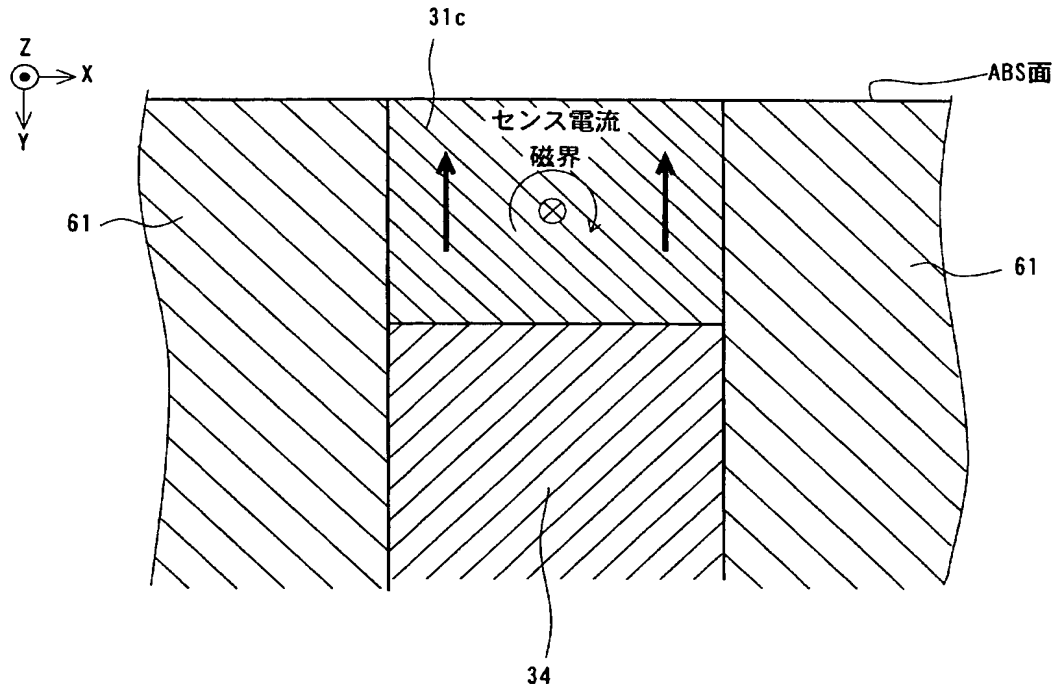
【図 12】



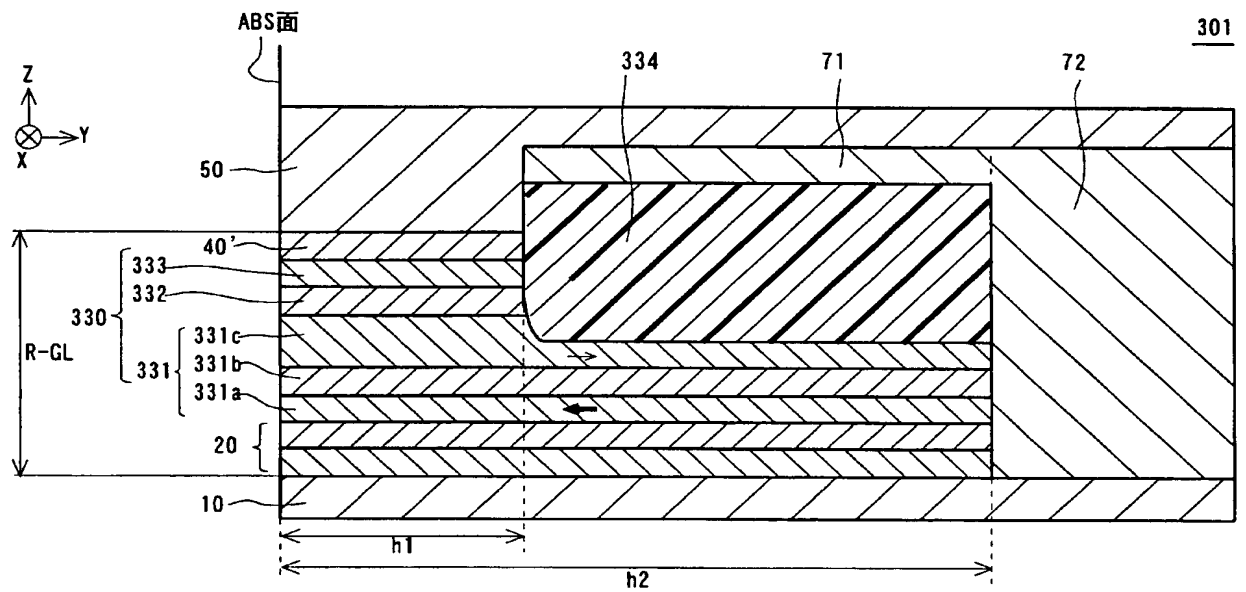
【図 13】



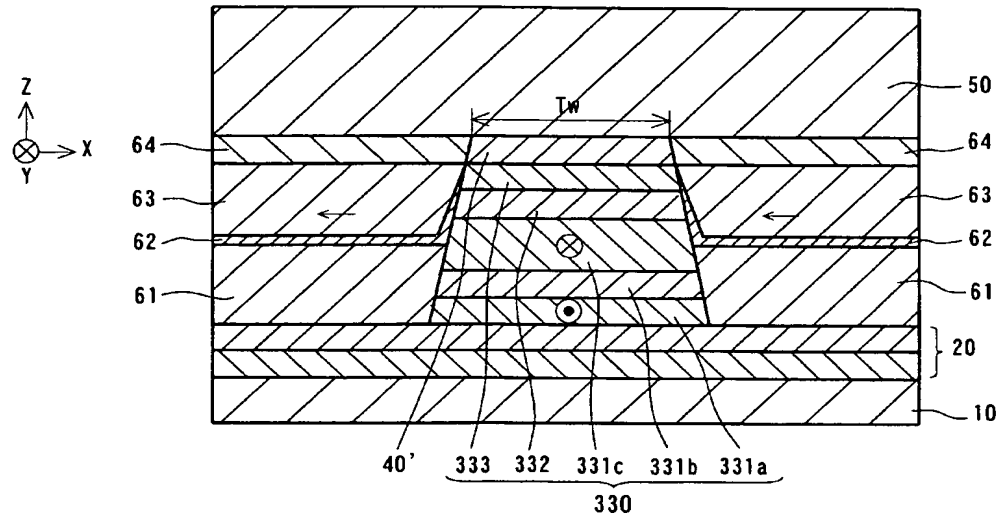
【図 14】



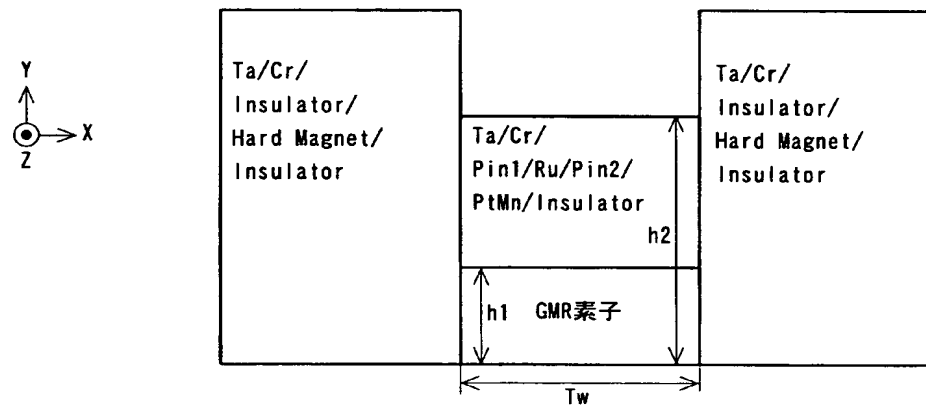
【図 15】



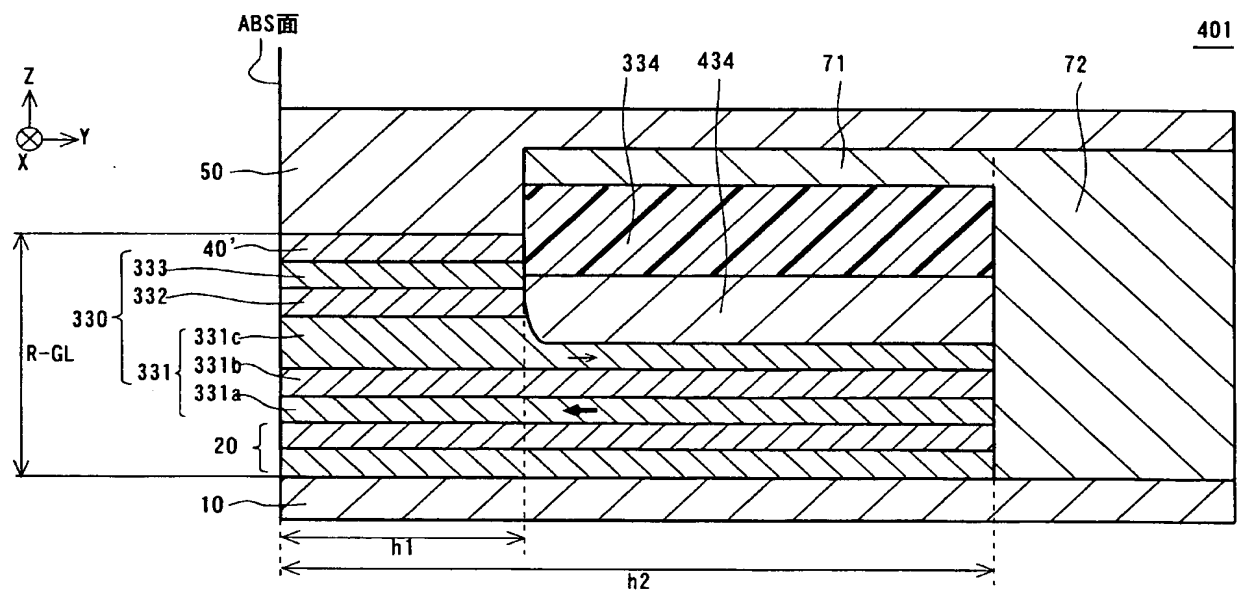
【図 16】



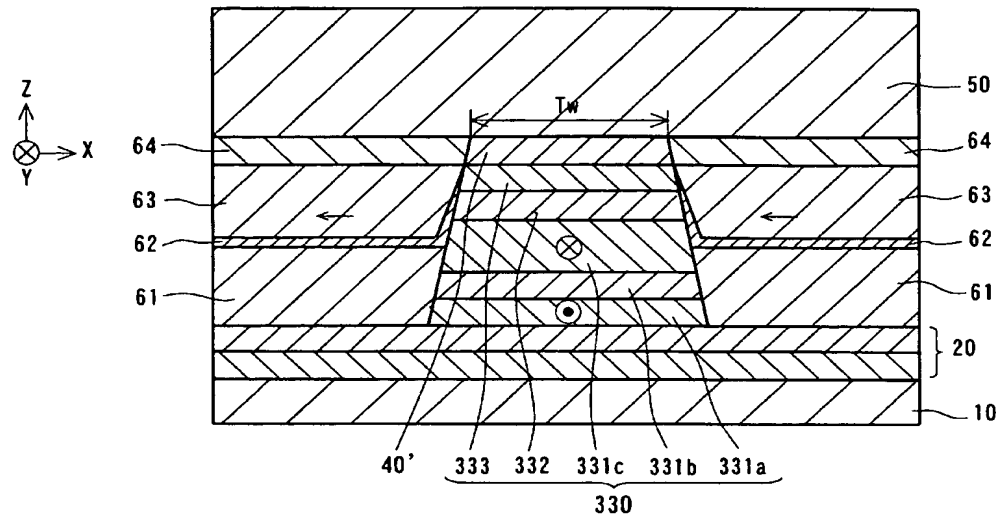
【図 17】



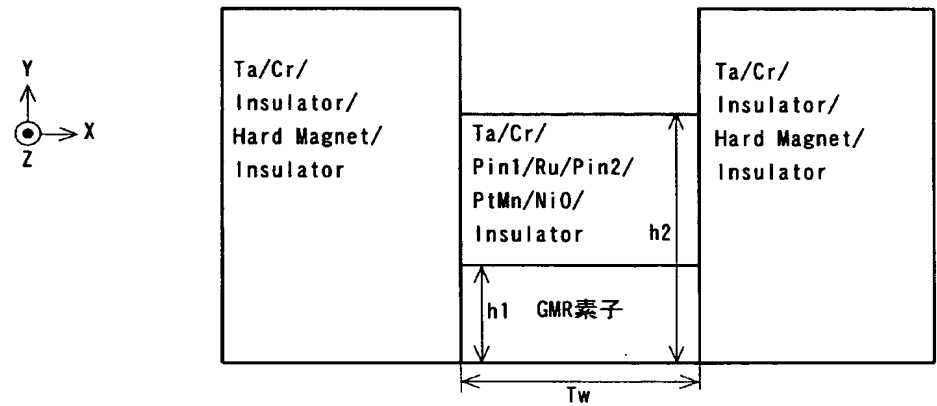
【図 18】



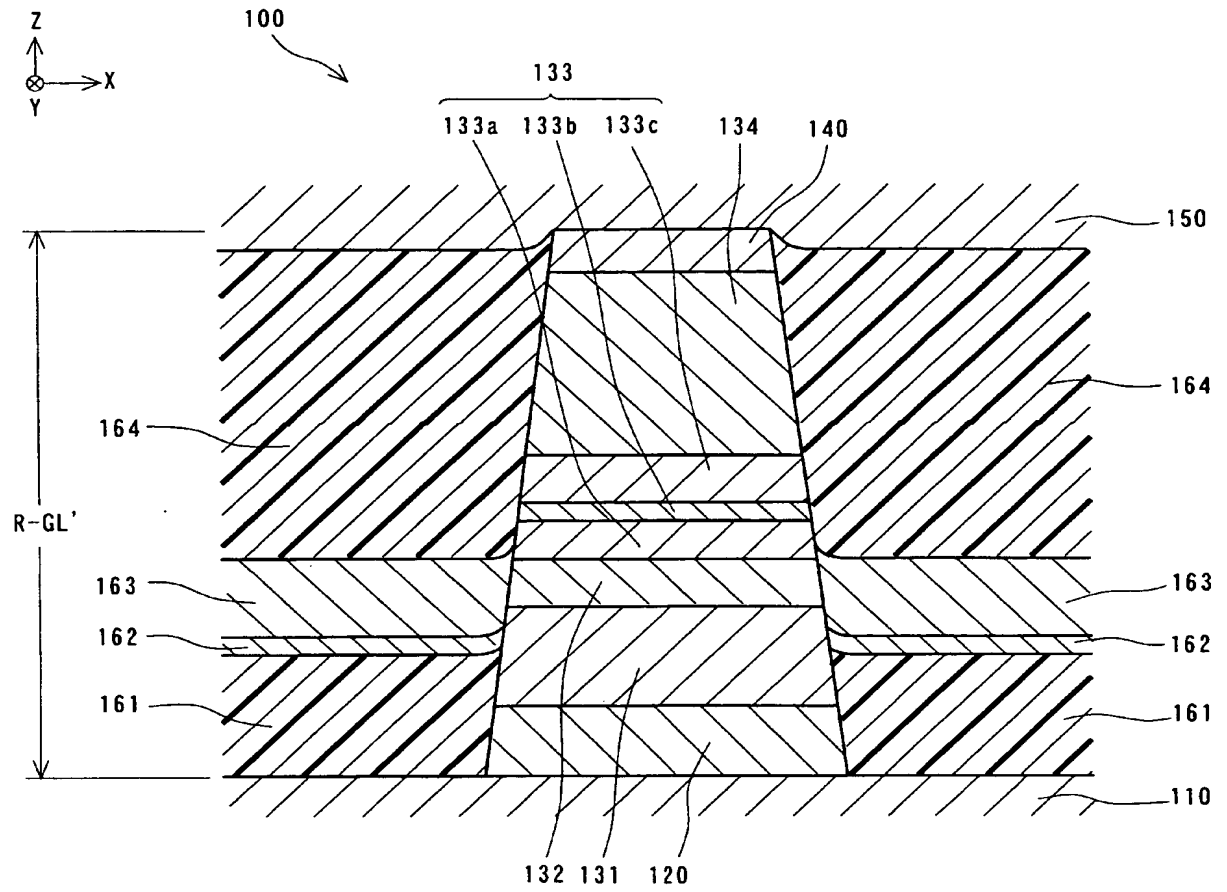
【図 1 9】



【図 2 0】



【図 21】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 巨大磁気抵抗効果素子内に反強磁性層を備えずに固定磁性層の磁化方向を安定させることができ、シールド層のAMR効果によるノイズとジュール熱を低減可能なC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドを得る。

【解決手段】 下部シールド層と上部シールド層と、該上下のシールド層間に挿入される、非磁性材料層を介して積層された固定磁性層とフリー磁性層を有する巨大磁気抵抗効果素子を備えたC P P型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、固定磁性層は、非磁性材料層及びフリー磁性層よりもハイト方向奥側に延びて形成され、トラック幅方向の寸法よりもハイト方向の寸法が大きくなっている。また固定磁性層は、磁歪定数が正の値を有する磁性材料又は保磁力の大きい磁性材料により形成されていて、記録媒体との対向面側の端面が開放されている。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 4 - 0 4 7 7 5 7
受付番号	5 0 4 0 0 2 9 3 9 3 1
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0 0 9 7
作成日	平成 1 6 年 2 月 2 7 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成16年 2月24日
-------	-------------

特願 2 0 0 4 - 0 4 7 7 5 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 1 0 0 9 8]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号

氏 名

アルプス電気株式会社